



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA SECCIÓN DE
ASIENTOS MEDIANTE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y SIMULACIÓN DE
PROCESOS EN LA COMPAÑÍA CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.**

GUILCAPI YANTALEMA LUIS JAVIER

TRABAJO DE TITULACIÓN **TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-06-28

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

GUILCAPI YANTALEMA LUIS JAVIER

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA SECCIÓN DE
ASIENTOS MEDIANTE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y SIMULACIÓN DE
PROCESOS EN LA COMPAÑÍA CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño MSc.
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Santillán Mariño MSc.
DIRECTOR

Ing. Iván Acosta Velarde MSc.
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GUILCAPI YANTALEMA LUIS JAVIER

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA SECCIÓN DE ASIENTOS MEDIANTE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA COMPAÑÍA CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.”

Fecha de examinación: 2018-01-04

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACION	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Carlos Santillán Mariño DIRECTOR			
Ing. Iván Acosta Velarde ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Guamán Mendoza.
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos – científicos y los resultados de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Luis Javier Guilcapi Yantalema
Cédula de identidad: 060348239-9

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Javier Guilcapi Yantalema, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Luis Javier Guilcapi Yantalema

Cédula de identidad: 060348239-9

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi madre, María Yantalema quien ha sido para mí, la mejor madre del mundo por su amor, apoyo y ejemplo a seguir. Y a mi hijo Javier Guilcapi quien es mi impulso para luchar y cumplir mis metas.

Luis Javier Guilcapi Yantalema

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme siempre su bendición y protección incondicional.

A mi madre quien me apoyo siempre y en todo momento de mi vida.

A los distintos ingenieros que me apoyaron con sus ideas y conocimientos los cuales fueron transmitidos en todo este proceso de investigación y titulación.

Y especialmente a la empresa CORPMEGABUSS CIA. LTDA. por permitirme realizar el presente proyecto de titulación.

Luis Javier Guilcapi Yantalema

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación actual de la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA.	1
1.1.1 <i>Antecedentes</i>	1
1.1.2 <i>Información legal de la compañía</i>	2
1.1.3 <i>Localización</i>	2
1.1.4 <i>Estructura administrativa</i>	3
1.1.5 <i>Misión</i>	6
1.1.6 <i>Visión</i>	6
1.2 Planteamiento del Problema	6
1.3 Formulación del problema	6
1.4 Delimitación del objeto de investigación	7
1.4.1 <i>Delimitación del contenido</i>	7
1.4.2 <i>Delimitación espacial</i>	7
1.4.3 <i>Delimitación temporal</i>	7
1.5 Justificación	7
1.5.1 <i>Justificación teórica</i>	7
1.5.2 <i>Justificación metodológica</i>	7
1.5.3 <i>Justificación práctica</i>	8
1.6 Objetivos	8
1.6.1 <i>Objetivo general</i>	8
1.6.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
1.7 Hipótesis	9
1.7.1 <i>Hipótesis Nula</i>	9
1.7.2 <i>Hipótesis Alternativa</i>	9
CAPÍTULO II	10
2 MARCO REFERENCIAL.....	10
2.1 Fundamento de referencia	10
2.1.1 <i>Ingeniería de Métodos</i>	10
2.1.2 <i>Simulación de Procesos</i>	12
2.2 Secciones de Asientos en la compañía	14

2.2.1	<i>Base legal</i>	14
2.2.2	<i>Distribución actual de la producción</i>	15
2.3	<i>Producción</i>	17
2.3.1	<i>Productividad</i>	17
2.3.2	<i>Medición de la productividad</i>	17
2.4	<i>Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos</i>	18
2.4.1	<i>Alcance de los métodos y estándares</i>	18
2.4.2	<i>Objetivo del estudio de métodos</i>	20
2.4.3	<i>Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo</i>	20
2.5	<i>Diseño del trabajo</i>	22
2.6	<i>Estándares</i>	22
2.7	<i>Medición del trabajo</i>	23
2.7.1	<i>Métodos directos</i>	23
2.7.2	<i>Métodos indirectos</i>	24
2.7.3	<i>Estudio de Tiempos con cronometro</i>	24
2.7.4	<i>Equipo para el estudio de tiempos</i>	24
2.7.5	<i>Tipos de cronometrajes</i>	25
2.8	<i>Desarrollo del cronometraje</i>	26
2.8.1	<i>Hoja de descripción de actividades</i>	26
2.8.2	<i>Hoja de registro de tiempos</i>	26
2.8.3	<i>Hoja de registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo</i>	27
2.8.4	<i>Hoja de análisis del tiempo estándar</i>	28
2.9	<i>Número de ciclos a cronometrarse</i>	28
2.10	<i>Valoración del ritmo de trabajo</i>	29
2.11	<i>Suplementos</i>	30
2.11.1	<i>Aplicación de los suplementos</i>	31
2.12	<i>Tiempo tipo o estándar</i>	33
2.13	<i>Técnicas del diseño de métodos</i>	33
2.13.1	<i>Diagrama de procesos de flujo</i>	33
2.13.2	<i>Diagramas de procesos</i>	34
2.13.3	<i>Diagrama de recorrido</i>	35
2.13.4	<i>Diagrama de Gantt</i>	35
2.13.5	<i>Diagrama PERT/CPM</i>	35
2.14	<i>Distribución de planta</i>	36

2.14.1	<i>Clases de distribución en planta</i>	37
2.14.2	<i>Preparación de un esquema de distribución</i>	37
2.14.3	<i>Diagrama de proximidad Chitefol.....</i>	37
2.15	<i>Principio de economía de movimientos</i>	37
2.15.1	<i>Dimensión, forma y características de los puestos de trabajo.....</i>	38
2.16	<i>Simulación.....</i>	38
2.16.1	<i>Modelos de simulación</i>	39
2.16.2	<i>Sistemas en la simulación.....</i>	40
2.16.3	<i>Definiciones</i>	40
2.16.4	<i>Pasos para realizar un estudio de simulación.....</i>	41
2.16.5	<i>Variable aleatoria.....</i>	43
2.16.5.1	<i>Prueba de Chi-cuadrado</i>	43
2.16.6	<i>Simulación con ProModel</i>	44
2.16.7	<i>Elementos básicos.....</i>	44
2.16.8	<i>Números Pseudoaleatorios.....</i>	45
2.16.9	<i>Instrucciones de ProModel.....</i>	45
2.16.9.1	<i>Ensamblajes, acumulación y agrupamiento de piezas.</i>	46
2.16.9.2	<i>Transporte entre estaciones.....</i>	47
2.16.9.3	<i>Instrucciones de control.</i>	47
2.17	<i>Análisis de costos de producción</i>	48
2.17.1	<i>Elementos que conforman el costo</i>	48
2.17.2	<i>Conceptos fundamentales</i>	48
2.17.2.1	<i>Costo de producción.....</i>	49
2.17.2.2	<i>Costo de administración.....</i>	49
2.17.2.3	<i>Costo de ventas.....</i>	49
2.17.2.4	<i>Costo financiero</i>	50
CAPÍTULO III.....		51
3	MÉTODOS Y TÉCNICAS	51
3.1	<i>Procedimiento metodológico</i>	51
3.2	<i>Análisis preliminar del proceso productivo</i>	51
3.3	<i>Análisis del tiempo tipo</i>	52
3.3.1	<i>Instrumentos de medida.....</i>	52
3.3.2	<i>Formularios de recolección de datos</i>	53
3.3.2.1	<i>Hoja de actividades principales.</i>	53

3.3.2.2	<i>Registro de tiempos de la situación actual del proceso.</i>	56
3.3.2.3	<i>Tamaño de la muestra</i>	58
3.3.2.4	<i>Hoja de tiempos por ciclo de trabajo.</i>	58
3.3.3	<i>Análisis del tiempo estándar o tiempo tipo actual</i>	61
3.4	<i>Análisis del proceso de producción actual</i>	64
3.4.1	<i>Diagrama actual de recorrido</i>	64
3.4.2	<i>Diagrama de procesos de flujo</i>	65
3.4.3	<i>Diagrama de procesos tipo material</i>	67
3.5	<i>Diagrama de Gantt</i>	70
3.6	<i>Diagrama PERT CPN</i>	71
3.7	<i>Distribución actual de planta</i>	72
3.7.1	<i>Tipo de distribución en la sección asientos</i>	73
3.7.2	<i>Esquematización de la distribución actual</i>	74
3.7.2.1	<i>Diagrama de proximidad actual</i>	75
3.8	<i>Simulación de la situación actual de trabajo</i>	76
3.8.1	<i>Estudio de la simulación para la situación actual de trabajo</i>	76
3.8.2	<i>Generación de modelo preliminar de simulación</i>	77
3.8.3	<i>Validación y verificación del modelo</i>	78
3.8.3.1	<i>Prueba Chi-cuadrada</i>	78
3.8.3.2	<i>Prueba de Chi-cuadrado mediante Stat::Fit</i>	79
3.9	<i>Propuesta de optimización del proceso productivo</i>	80
3.9.1	<i>Eliminar las actividades innecesarias en la nueva línea de producción</i>	80
3.9.2	<i>Características</i>	83
3.10	<i>Estudio de tiempos de producción con la nueva propuesta de optimización</i>	83
3.11	<i>Análisis del tiempo estándar mediante la propuesta de optimización</i>	85
3.11.1	<i>Diagramas de proceso propuestos</i>	87
3.11.2	<i>Resumen para producir 47 asientos mediante la optimización propuesta</i>	91
3.12	<i>Diagrama de Gantt propuesto</i>	91
3.13	<i>Diagrama PERT CPN</i>	92
3.14	<i>Distribución de planta optimizada</i>	94
3.14.1	<i>Factores del diseño de la planta</i>	94
3.14.2	<i>Análisis de los factores para una buena distribución</i>	94
3.14.3	<i>Tipo de fabricación</i>	96
3.14.4	<i>Tipo de distribución en la sección asientos</i>	97

3.14.5	<i>Planteamiento de las distribuciones parciales</i>	97
3.14.6	<i>Diagrama del recorrido de materiales en la distribución final.</i>	98
3.14.7	<i>Tabla de áreas por puesto de trabajo y general</i>	99
3.15	Simulación de la distribución propuesta	100
3.15.1	<i>Modelo de simulación propuesta</i>	100
3.15.2	<i>Recolección y análisis de datos</i>	101
3.15.3	<i>Generación del modelo preliminar propuesto de simulación</i>	102
3.15.4	<i>Análisis estadístico</i>	102
3.16	Análisis de los costos de producción	103
3.16.1	<i>Costos Actuales</i>	103
3.16.2	<i>Costos mediante la propuesta de optimización</i>	104
3.16.3	<i>Índices de productividad</i>	106
3.16.3.1	<i>Productividad de la mano de obra utilizada</i>	106
3.16.3.2	<i>Productividad de factores múltiples de producción semanal</i>	107
3.16.3.3	<i>Productividad de factores múltiples de producción mensual</i>	107
3.16.3.4	<i>Eficiencia</i>	108
CAPÍTULO IV		110
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
4.1	Conclusiones	110
4.2	Recomendaciones.....	115

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2. Incremento de la productividad al realizar el estudio de métodos.	10
Tabla 2-2. Hoja de actividades del proceso de producción	26
Tabla 3-2. Hoja de registro de tiempos cronometrados	27
Tabla 4-2. Hoja de Registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo	27
Tabla 5-2. Hoja de Registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo	28
Tabla 6-2. Valoración del ritmo de trabajo	30
Tabla 7-2. Suplementos recomendados por la OIT	31
Tabla 8-2. Símbolos del diagrama de procesos	34
Tabla 1-3. Descripción de las actividades realizadas en la sección de asientos	53
Tabla 2-3. Registro de tiempos recolectados en la sección de estudio	57
Tabla 3-3. Cálculo de tamaño de la muestra.....	58
Tabla 4-3. Formulario de tiempos por ciclo de trabajo.....	59
Tabla 5-3. Análisis del tiempo estándar.....	62
Tabla 6-3. Tiempo estándar de cada actividad en horas de trabajo	63
Tabla 7-3. Cuadro de resumen en la producción de asientos, método actual	70
Tabla 8-3. Actividades predecesoras.	71
Tabla 9-3. Relación de puestos de trabajo	74
Tabla 10-3. Datos de análisis para obtener la oreja en la producción actual de asientos	76
Tabla 11-3. Cálculo de frecuencias para la construcción de la codera lateral	79
Tabla 12-3. Especificaciones técnicas de la troqueladora	82
Tabla 13-3. Especificaciones técnicas de la cortadora de tela	83
Tabla 14-3. Registro de tiempos por actividad del método propuesto	84
Tabla 15-3. Registro de tiempos estándar por actividad del método propuesto	85
Tabla 16-3. Tiempo estándar propuesto de cada actividad.....	87
Tabla 17-3. Resumen en la producción de asientos, método propuesto	91
Tabla 18-3. Actividades predecesoras	92
Tabla 19-3 Relación de puestos de trabajo	97
Tabla 20-3. Áreas por puesto de trabajo y general	99
Tabla 21-3. Datos de análisis para obtener la oreja en la producción propuesta.....	101
Tabla 22-3. Costos de producción actuales en la fabricación de	104
Tabla 23-3. Costos de producción propuesta en la fabricación de	105
Tabla 1-4. Tiempos de producción en horas para la fabricación de asientos	110

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-3. Tiempo observado de producción de cada actividad	61
Gráfico 2-3. Tiempo estándar	64
Gráfico 3-3. Tiempo estándar propuesto	86
Gráfico 4-3. Tiempo estándar actual y propuesto	86
Gráfico 5-3. Porcentaje de operación en cada locación	102
Gráfico 6-3. Porcentaje de tiempo que trabajaron los cinco operarios	103
Gráfico 7-3. Análisis de la productividad laboral	106
Gráfico 8-3. Análisis de la productividad de múltiples factores semanal	107
Gráfico 9-3. Análisis de la productividad de múltiples factores mensual	108
Gráfico 10-3. Análisis de la eficiencia	109
Gráfico 1-4. Análisis de la eficiencia en la línea de producción	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Ubicación de la empresa CORPMEGABUSS CIA. Ltda.....	3
Figura 2-1. Organigrama estructural.....	4
Figura 3-1. Organigrama funcional	5
Figura 1-2. Diagrama de proceso general actual de la compañía.	15
Figura 2-2. Diagrama de una organización típica que muestra la influencia de.....	19
Figura 3-2. Principales etapas de un programa de ingeniería de métodos.....	20
Figura 4-2. Cronómetro minutos y segundos decimales.....	25
Figura 5-2. Diagrama de recorrido de la codera lateral en la Sección Asientos.....	35
Figura 6-2. Representación de los nodos y actividades	36
Figura 7-2. Representación del ciclo del proyecto de simulación	41
Figura 1-3. Cámara de video Sony Handycam DCR-SR47.....	52
Figura 2-3. Cronometro online	53
Figura 3-3. Diagrama de recorrido actual en la sección de asientos.....	65
Figura 4-3. Diagrama de flujo actual en la sección de asientos.....	66
Figura 5-3. Diagrama del proceso actual para elaborar la codera lateral.....	67
Figura 6-3. Diagrama Gantt de la distribución actual.....	70
Figura 7-3. Diagrama de Pert de la distribución actual	72
Figura 8-3. Distribución actual en la sección de asientos.....	73
Figura 9-3. Almacenamientos de espera en la sección de asientos	74
Figura 10-3. Distribución o diagrama de proximidad actual	75
Figura 11-3. Diagrama de proximidad respecto a la.....	75
Figura 12-3. Análisis de la distribución normal en Stat:Fit.....	77
Figura 13-3. Diseño actual de la sección asientos	78
Figura 14-3. Verificación probabilística de los datos realizados mediante el software Stat::Fit.....	80
Figura 15-3. Demoras por mantenimiento correctivo.....	81
Figura 16-3. Demoras por búsqueda de herramientas	81
Figura 17-3. Troqueladora para la sección de asientos.....	82
Figura 18-3. Cortadora vertical para la sección asientos	82
Figura 19-3. Diagrama de procesos propuesto de la codera lateral	88
Figura 20-3. Diagrama Gantt optimizado	91

Figura 21-3. Diagrama de Pert de la distribución propuesta	93
Figura 22-3. Distribución propuesta en la sección de asientos.....	96
Figura 23-3. Diagrama de proximidad propuesto	98
Figura 24-3. Diagrama de proximidad respecto a la forma de ubicación propuesta	98
Figura 25-3. Diagrama de recorrido propuesto en la sección asientos	99
Figura 26-3. Layout propuesto de la sección asientos	102
Figura 1-4. Recorrido de la codera lateral en la sección de asientos.....	112
Figura 2-4. Modelo de simulación actual y propuesto.....	113

LISTA DE ABREVIATURAS

CIA	Compañía
LTDA	Limitada
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
IBM	International Business Machines
WSC	Winter Simulation Conference
SRI	Servicio de Rentas Internas
RUC	Registro Único de Contribuyentes
OIT	Organización Internacional del Trabajo
PERT	Project Evaluation and Review Techniques
CPM	Critical Path Method
USA	Estados Unidos
EPP	Equipos de Protección Personal
MOD	Mano de Obra Directa
MOI	Mano de Obra Indirecta
MPI	Materia Prima Indirecta
GIF	Gastos Indirectos de Fabricación
TPM	Mantenimiento Productivo Total

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	Cálculo de tamaño de la muestra.
ANEXO B	Lista de la mano de obra actual de la sección asientos.
ANEXO C	Lista de materiales de la sección de asientos.
ANEXO D	Lista de maquinaria y equipo.
ANEXO E	Modelo de la carrocería en donde se van a colocar los asientos.
ANEXO F	Lista de elementos de cada actividad producidos.
ANEXO G	Diagramas de proceso mediante la situación actual (tipo material).
ANEXO H	Datos de análisis por puesto de trabajo para la producción de asientos actual.
ANEXO I	Programación en ProModel del sistema de producción actual en la sección asientos.
ANEXO J	Diagrama de procesos propuesto (tipo material).
ANEXO K	Datos de análisis para la producción de asientos actual.
ANEXO L	Programación en ProModel del sistema de producción propuesta en la sección asientos.
ANEXO M	Costos actuales de producción de la sección asientos.

RESUMEN

Con la presente propuesta tecnológica se diseñó un sistema de producción estandarizado para poder elaborar los asientos necesarios en la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA. a tiempos establecidos, con el respectivo control de procesos y con la calidad deseada. Para llegar a optimizar los procesos de producción en la sección asientos de la compañía se utilizaron herramientas técnicas de ingeniería de métodos y tecnológicas como es la simulación de procesos. Mediante estas herramientas se elaboraron formularios para obtener el tiempo estándar, diagramas de procesos, diagramas de Gantt, diagrama de recorrido y planos de distribución de planta. Consecutivamente se realizó el modelo de simulación del sistema productivo mediante datos estadísticos obtenidos en un estudio preliminar de campo. Luego se analizaron los datos reales concerniente al proceso de producción en la sección de estudio, teniendo como resultados el tiempo total de fabricación, las distancias que los materiales recorren entre puestos de trabajo, y los procesos críticos en el método actual de trabajo. Finalmente se diseñó una nueva propuesta de distribución óptima de los procesos productivos, logrando de esta manera eliminar las demoras, transportes y actividades innecesarias que producían pérdidas en la compañía, además se logró disminuir notablemente el tiempo total de fabricación, dando como resultados una nueva línea de producción más eficiente y eficaz. Se recomienda la aplicación del presente proyecto según la distribución planteada, con el cual se obtendrá un buen ambiente de trabajo, aumentando la productividad y disminuyendo considerablemente los costos de producción.

PALABRAS CLAVE: <PROCESOS DE PRODUCCIÓN>, <TIEMPO ESTANDAR>, <DIAGRAMAS DE PROCESOS>, <DISTRIBUCIÓN DE PLANTA>, <SIMULACIÓN DE PROCESOS>, <OPTIMIZACIÓN>, <PRODUCTIVIDAD>, <COSTOS DE PRODUCCIÓN>.

ABSTRACT

This technological proposal includes the design of a standardized production system in order to manufacture the seats that are necessary in CORPMEGABUSS, limited company at established times, with the respective process control and with the required quality. In order to optimize the production process in the seating section of the company, it was necessary to use technical tool of engineering methods as well as technological tools like the processes simulation. These tools were the basis to create forms to collect the standard time, process diagrams, Grant diagrams, route diagram and plant distribution plans. Consecutively, the simulation model of the productive system was developed by using statistical data coming from a preliminary field study. Then, the real data concerning to the production process in the study section were analyzed, by taking as a result the total manufacturing time, the distances covered by materials between working places, and the critical processes in method of current work.

Finally, a new proposal for the optimal distribution of production processes was designed, thus eliminating delays, transport, and unnecessary activities that generated losses in the company. In addition, the total manufacturing time was significantly reduced, giving as a result a new line of more efficient and effective production. A final recommendation is to implement this project according to the proposed distribution, which will enable a good work environment by increasing productivity, and reducing production cost considerably.

KEY WORDS: <PRODUCTION PROCESS>, <STANDARD TIME>, <PROCESS DIAGRAMS>, <PLANT DISTRIBUTION>, <PROCESS SIMULATION>, <OPTIMIZATION>, <PRODUCTIVITY>, <OPERATION COSTS>.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

El requerimiento de mejorar los procesos de producción en la compañía carrocera, exige el continuo desarrollo de nuevos procesos de producción, así como la utilización de herramientas informáticas enfocadas al diseño de nuevos métodos eficientes y eficaces con el fin de cumplir con los requerimientos y satisfacción de los clientes.

A medida que avanza el desarrollo tecnológico las empresas carroceras necesitan métodos y herramientas adecuadas para realizar los procesos de producción óptimos con los que deben evolucionar y estar a la vanguardia. Por lo que se requiere utilizar procedimientos y herramientas de mejora continua que utilicen el menor tiempo posible en la producción, sin dejar a un lado la calidad requerida.

Con la presente propuesta tecnológica se optimiza el proceso de producción para elaborar los juegos de asientos requeridos en la nueva línea de ensamble que se pretende implementar mediante la ingeniería de métodos y simulación de procesos con la herramienta informática ProModel versión académica para así finalmente generar mayor productividad.

1.1 Situación actual de la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA.

1.1.1 Antecedentes

La compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA. es una entidad privada de responsabilidad ilimitada y de mediana magnitud muy reconocida por el mercado automotor del centro del país; que tuvo sus inicios el 20 de abril en el año de 1996 en la ciudad de Riobamba a manos de su fundador el Ab. Luis Alvarado Alvarado; quién con un número limitado de recursos y en un pequeño taller ubicado en el barrio 24 de mayo diseña su primera carrocería para la “COOPERATIVA ALAUSI” propietaria de esta unidad La Sra. Luisa Carguaytongo en un lapso de 4 meses. Para finales de agosto del mismo año este pequeño taller toma el nombre de “CARROCERIAS ALVARADO”.

En 1998 la empresa tuvo que trasladar una parte de sus instalaciones al km 1 vía Quito en la cual permanecieron hasta el año 2004, a partir del mencionado año la empresa decide cambiar su nombre a “MEGABUSS”

En el año 2004 MEGABUSS traslada sus instalaciones a lo que ahora es su planta actual ubicada en la panamericana norte km 5 1/2, en el año 2015 cambia a ser una compañía, tomando el nuevo nombre CORPMEGABUSS CIA. LTDA. la misma que alberga dos naves industriales, en las cuales se fabrican dos modelos de carrocerías conocidas como MEGABUSS CRUCERO y el modelo MEGABUSS 700; siendo los únicos a nivel provincial que elaboran asientos propios de la compañía, su nivel de producción actual para la disposición de sus clientes es de cuatro carrocerías mensuales.

1.1.2 Información legal de la compañía

Razón social: CORPMEGABUSS CIA. LTDA.

Marcas comerciales: MEGABUSS CRUCERO, MEGABUSS 700

Colaboradores: 87 personas

RUC: 0602316762001

Direcciones: Panamericana norte Km. 5 ½

Teléfono: 03-2904477

Fax: 032-904999

Producción mensual: promedio 4 unidades terminadas

Correo: corpmegabuss@gmail.com

Ciudad domiciliaria: Guano

Representante Legal: Bertha Luzmila Alvarado Alvarado

Gerente de Producción: Luis Enrique Alvarado Alvarado

1.1.3 Localización

CORPMEGABUSS CIA. Ltda. está localizada en la panamericana norte km 5 ½, del cantón Guano, provincia de Chimborazo, aproximadamente a ocho minutos del perímetro norte de la ciudad de Riobamba.



Figura 1-1. Ubicación de la empresa CORPMEGABUSS CIA. Ltda.
Fuente: Google Earth

1.1.4 Estructura administrativa

El organigrama estructural de la compañía se evidencia de la siguiente manera.

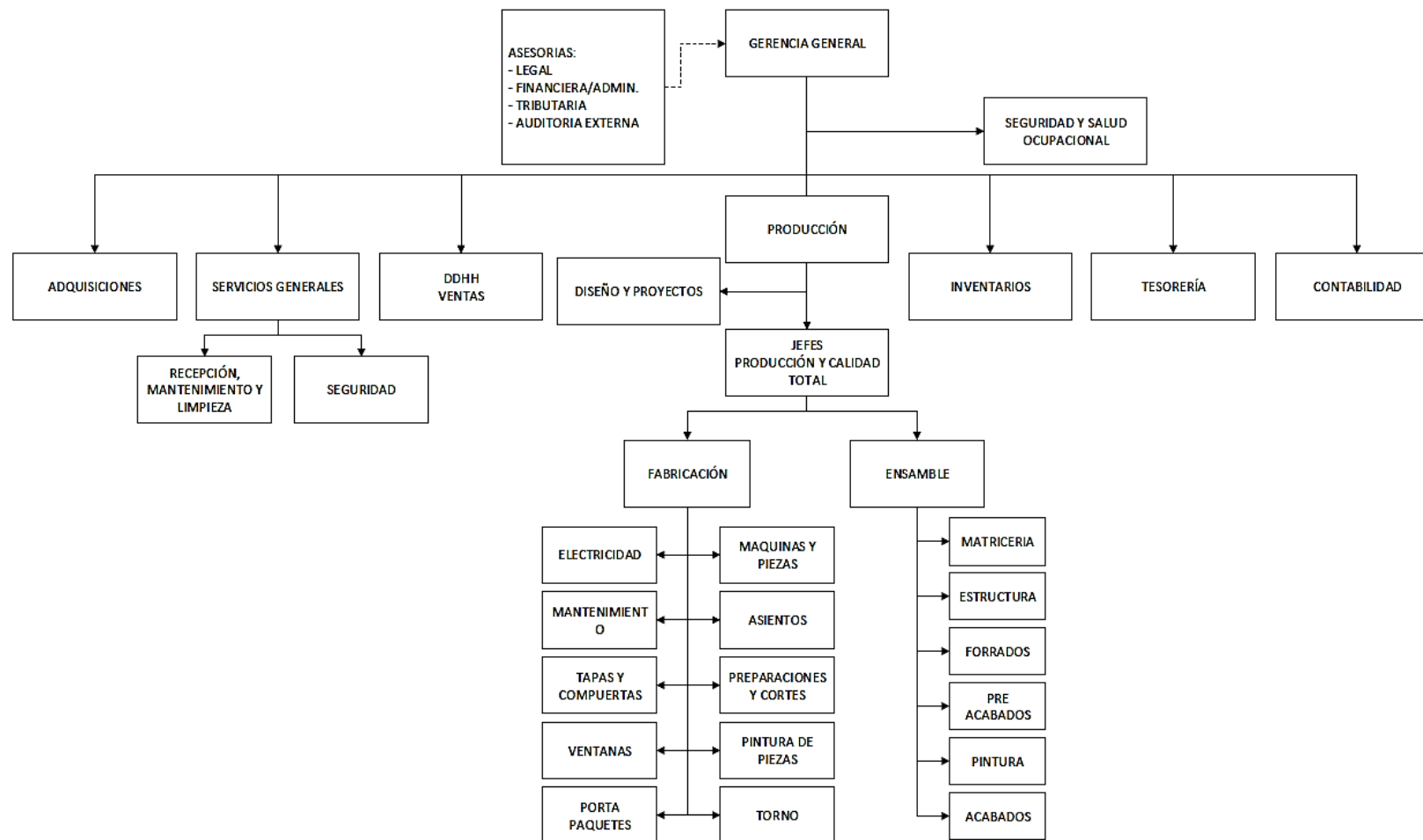


Figura 2-1. Organigrama estructural
Fuente: CORPMEGABUSS CIA. Ltda.

La estructura funcional de la compañía se puede evidenciar en la figura 3-1.

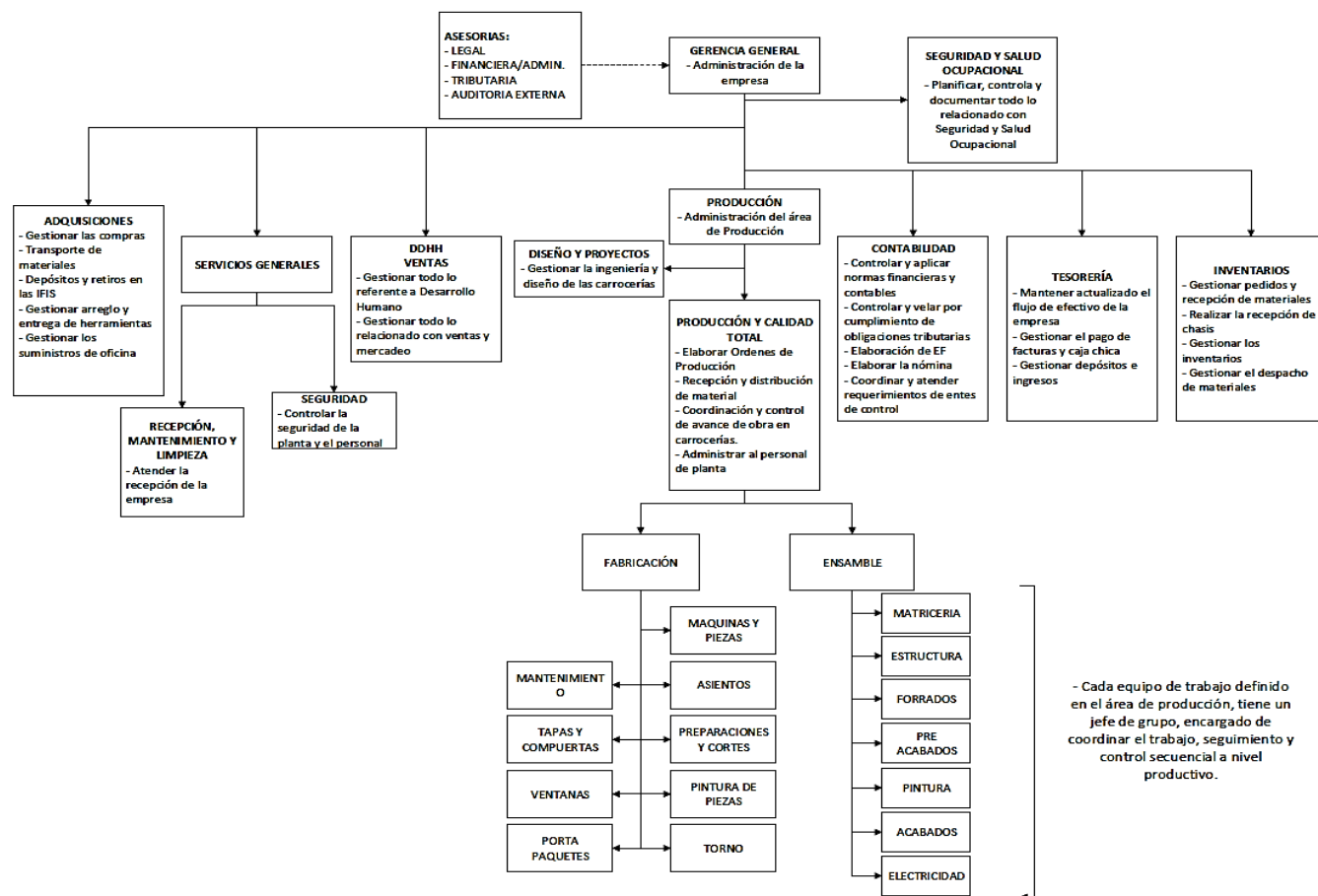


Figura 3-1. Organigrama funcional
Fuente: CORPMEGABUSS CIA. Ltda.

1.1.5 Misión

Ofrecer carrocerías metálicas de alta calidad para autobuses, entregadas a tiempo, bajo los más exigentes estándares y normas de regulación, garantizando la seguridad y satisfacción de nuestro cliente y pasajeros.

1.1.6 Visión

Llegar a ser una empresa líder y consolidada en el mercado de carrocerías metálicas de la zona centro del País, contando con tecnología utilizada y de punta, procesos afinados de producción y ensamble y diseños que marquen la diferencia.

1.2 Planteamiento del Problema

La compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA. no cuenta con estudios técnicos de ingeniería que se apliquen en los procesos de producción debido a que aún se siguen aplicando métodos empíricos dando como resultado tiempos improductivos, altos costos de producción, actividades innecesarias, y retrasos para entregar el producto terminado; lo que genera a la empresa pérdidas económicas.

Una de las áreas que se observa como crítica es la sección de asientos debido a que los procesos aplicados no son técnicos y por lo tanto en la línea de ensamble causa retrasos en la entrega del producto final; esta sección ha provocado el incumplimiento en los pedidos de varias carrocerías del modelo MEGABUSS 700 que la compañía produce actualmente en mayor cantidad. Además, la línea de producción actual no puede controlar ni eliminar estos inconvenientes que causan pérdidas y retrasos en la línea de ensamble.

1.3 Formulación del problema

¿Con la aplicación de Ingeniería de Métodos y la Simulación de Procesos se podrán disminuir los tiempos improductivos en el área de asientos la cual es la sección considerada como crítica en el proceso de ensamble del modelo MEGABUSS 700 en la compañía CORPMEGABUSS CÍA LTDA. realizando el enfoque en la nueva línea de producción?

1.4 Delimitación del objeto de investigación

1.4.1 Delimitación del contenido

Área:	Producción
Campo:	Procesos productivos
Aspecto:	Ingeniería de métodos

1.4.2 Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en la empresa “CORPMEGABUSS CIA. LTDA.” ubicada en la Panamericana norte Km. 5 ½ (Guano)

1.4.3 Delimitación temporal

El trabajo investigativo se realizó durante el año 2016-2017.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación teórica

Este proyecto utiliza la ingeniería de métodos ya que según Frederick W. Taylor es una técnica que permite registrar y analizar de una forma coherente todas las actividades realizadas, con el fin de encontrar la mejor alternativa de solución al proceso de producción. También es una herramienta que ayuda a reducir tiempos y actividades innecesarias que generan en toda empresa altos costos de producción.

La simulación y análisis de procesos, permite analizar y equilibrar todos los recursos que intervienen en el proceso productivo para obtener un modelo flexible de distribución que al simular el sistema cumpla con las características requeridas que se pretende implementar en toda la línea de producción sin la necesidad de invertir dinero en el proceso para lograr realizarse.

1.5.2 Justificación metodológica

Al ser una investigación descriptiva y de campo, el análisis se realiza mediante la información que la compañía tiene al aplicar el proceso actual de producción, para

mediante estos datos poder realizar la propuesta de mejora en la producción de asientos aplicando metodologías estandarizadas de producción y por consiguiente poder realizar la optimización requerida.

El presente proyecto permite simular todas las actividades y recursos que son utilizados en el proceso de producción, para que sean correctamente aplicados sin producir perdidas, que por tanto tiempo a ocurrido en las distintas empresas carroceras del país, de esta forma se visualiza y se tiene mayor exactitud en el momento de la aplicación del nuevo proceso productivo. Con este análisis se realiza la mejor ubicación de las máquinas, mejorar la disponibilidad de mano de obra, eliminar cuellos de botella, y optimizar la producción en la sección de asientos mejorando en un 30 por ciento como mínimo la productividad en la nueva línea de ensamble del modelo MEGABUSS 700 de la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA.

1.5.3 Justificación práctica

La compañía a través de este proyecto logrará: optimizar los recursos utilizados, obtener un tiempo estándar, una adecuada distribución de puestos de trabajo, eliminar tiempos improductivos, mejorar los procesos de producción, disminuir los costos de producción y obtener un método de control adecuado a los requerimientos que la compañía requiere en la sección de estudio. Mediante la ingeniería de métodos y la simulación de procesos también permite visualizar el modelo más óptimo para la respectiva implementación de la propuesta realizada.

Esto a su vez permite a la empresa obtener una eficiencia y estandarización en los procesos productivos para de la sección de asientos aplicada a la nueva línea de producción del modelo MEGABUSS 700.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Optimizar los procesos productivos en la sección de asientos mediante ingeniería de métodos, y la simulación de procesos en la compañía CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

1.6.2 Objetivos específicos

- Elaborar la fundamentación teórica que sustenta la investigación y explicación del proceso productivo.
- Analizar el proceso actual, a través de la investigación exploratoria y recolección de datos en el proceso de ensamble de los asientos en la línea de producción.
- Diseñar el modelo de simulación, mediante el empleo de ProModel versión académica.
- Optimizar la producción mediante la aplicación de la Ingeniería de Métodos y Simulación de Procesos.
- Evaluar el modelo propuesto y realizar el análisis de costos de producción.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis Nula

La aplicación de ingeniería de métodos y simulación de procesos no permite mejorar el proceso productivo de ensamble de asientos en la línea de producción en la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA. para alcanzar la producción deseada.

1.7.2 Hipótesis Alternativa

La aplicación de ingeniería de métodos y simulación de procesos permite mejorar el proceso productivo de ensamble de asientos en la línea de producción en la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA. para alcanzar la producción deseada.

CAPÍTULO II

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Fundamento de referencia

2.1.1 Ingeniería de Métodos

La ingeniería industrial nace al aparecer la revolución industrial en el siglo XVIII con un conjunto de métodos analíticos complementados con experiencias de las distintas empresas. A inicios del siglo XIX aparece Frederick W. Taylor ejecutando varios experimentos significativos dando un nuevo punto de vista científico estableciendo un estudio de tiempos dentro de un proceso de producción para así establecer normas de tiempo para el rendimiento del trabajo (Abraham, 2008a: p. 2). En junio de 1903 Taylor presenta su famoso artículo “Shop Management” (Administración del taller) a la ASME describiendo conceptos como: estudio de tiempos, estudio de métodos, estandarización de herramientas, sistemas de rutas y trayectorias, métodos de determinación de costos, selección de empleados por tareas, incentivos si se termina el trabajo a tiempo, etc. (Abraham, 2008b: p. 3). Otro de los estudios de Taylor que ganó fama fue el experimento con palas. Los trabajadores que paleaban, eran propietarios de sus propias palas y usan la misma para realizar cualquier tarea, desde levantar hierro pesado hasta palear carbón ligero. Después de un gran conjunto de estudios, Taylor diseñó palas que se acoplaban a diferentes cargas: palas para hierro con mango corto, cucharas para el carbón con mango largo. Como resultado, se incrementó la productividad y se redujo el costo del manejo de materiales de 8 a 3 centavos por tonelada. Los resultados se muestran en la tabla 1. (Meyers, 2000, p. 10)

Tabla 1-2. Incremento de la productividad al realizar el estudio de métodos.

	Antes del estudio	Después del estudio
Número de personas	400 - 600	140
Libras/paleada	3 ½ - 38	21 ½
Bonificación	No	Si
Unidad de trabajo	Equipos	Individual
Costo/tonelada	7¢ a 8¢	3¢ a 4¢
Un ahorro de 78 000 dólares por año		

Fuente: (Meyers, 2000)

FRANK. B. Gilbreth fue el fundador de la moderna técnica del Estudio del Movimiento la cual se define como el estudio de los movimientos del cuerpo humano, con la búsqueda de progresos en las operaciones, excluyendo así los movimientos innecesarios y estableciendo la secuencia de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima. Gilbreth puso en práctica en una empresa de ladrillos sus teorías sobre los movimientos. En ese tiempo se consideraba uniforme que un trabajador tendiera 120 ladrillos por hora, con sus innovaciones se llegó a tener una tasa de elaboración promedio de 350 ladrillos por hora por trabajador. Con este estudio redujo de 18 movimientos a únicamente 5. (Abraham, 2008c: p. 3)

Gantt también desarrolló un plan de incentivos de salarios en 1901, el cual consistía en primas o bonificaciones para los trabajadores que superaran la cuota establecida. Gantt, con su sistema de pago de salarios, recompensaba al operario por su trabajo superior eliminaba todo castigo por falta de cumplimiento y estandarizaba los mismos. (Abraham, 2008d: p. 5)

El estudio de tiempos y movimientos se ha perfeccionado desde 1920 y actualmente se considera como una herramienta o medio ineludible para el funcionamiento enérgico de las empresas o la industria. Los profesionales de la actualidad ven preciso considerar o tomar en cuenta al mecanismo humano en su trabajo. Los textos de Barnes, Niebel y Mundel profundizaron y a la vez desplegar los métodos y estudios de tiempos y movimientos deberá emplear el enfoque basado, fundamentalmente, a términos humanitarios, es decir; que deberá tener extensos conocimientos sobre la conducta humana, además, deberá escuchar, indicando que respeta las opiniones e ideas del operario en estudio o de otros. (Abraham, 2008e: p. 6)

Cargua López Rosa Cecilia y Gavilánez Reinoso Dolores Isabel (2009) en su estudio del diseño de operaciones en métodos y tiempos optimizaron la productividad en las líneas de producción de galleta y caramelo en las Industrias Alimenticias Fénix en un 12.5 %, logrando un rediseño de los puestos de trabajo eficiente y optimizando los recursos humanos, técnicos y económicos.

Pullopaxi Moreno Telman Giovanny (2009) realizó la optimización de los métodos y tiempos de trabajo en los procesos de laminación del tren 2 de la empresa Novacero S.A.

obteniendo un aumento de producción para elaborar los diferentes productos como son: Platina en un 6,11%, Tee en un 3,128%, Redondo en 6,102% y en los ángulos en un 3,287%. Logrando de esta manera mayor margen de utilidades de la empresa, los trabajadores consiguieron disminuir el esfuerzo físico al realizar sus labores cotidianas.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos (2016) realizó una aplicación de métodos y tiempos y su incidencia en los costos de producción de la cooperativa de producción industrial de calzado del cantón Penipe obteniendo un notable aumento de producción al optimizar los procesos, eliminar pérdidas, disminuyó el 25% del tiempo de ensamble con la inserción de una nueva máquina moldeadora, y lograr que el punto de equilibrio baje de 500,71 pares de calzado mensual a 360,74 pares mensuales. Logrando así disminuir los costos, disminuir también el precio de venta en la misma proporción, para satisfacer la demanda en un mayor porcentaje, y captar así una mayor cantidad de clientes y pedidos.

2.1.2 Simulación de Procesos

En años recientes, el advenimiento de nuevos y mejores desarrollos en el área de la computación ha traído logros innovaciones igualmente importantes en los terrenos de la toma de decisiones y el diseño de procesos y productos. En este sentido, una de las técnicas de mayor impacto es la simulación. (Baltazar, 2006, p. 2)

En 1960, Keith Douglas Tocher desarrolló un programa de simulación general cuya principal labor era la de simular el funcionamiento de una planta de producción donde las máquinas abrillantaban por estados: Ocupado, Esperando, No disponible y Fallo; de manera que las simulaciones en los cambios de estado de las máquinas marcarán el estado definitivo de la producción de la planta. (Lander Simulation & Training Solutions, 2016)

Complementariamente a los desarrollos llevados a cabo por RAND e IBM, el Royal Norwegian Computing Center inició en 1961 el desarrollo del programa SIMULA con ayuda de Univac. (Lander Simulation & Training Solutions, 2016). El resultado fue SIMULA I, probablemente el lenguaje de programación más trascendental de toda la historia. En 1967 se fundó el WSC (Winter Simulation Conference), lugar donde desde entonces y hasta ahora se archivan los lenguajes de simulación y aplicaciones derivadas, siendo en la actualidad el referente en lo que a avances en el campo de los sistemas de simulación se refiere.

Hoy en día, el analista tiene a su disposición una gran cantidad de software de simulación que le consiente tomar decisiones en temas muy diversos. Por ejemplo, establecer la mejor localización de una nueva planta, plantear un nuevo sistema de trabajo o efectuar el análisis productivo de un proceso ya existente pero que solicita mejoras. Sin duda, la facilidad que otorga a la resolución de éstas y muchas otras problemáticas, ha hecho de la simulación una herramienta cuya utilización y desarrollo se han visto significativamente alentados. Cada vez resulta más natural encontrar paquetes de software con gran cabida de análisis, así como mejores animaciones y características para generación de reportes. En general, dichos paquetes ya sea orientados a métodos, a servicios o de índole general nos proveen de una enorme diversidad de instrumentos estadísticos que permiten un manejo más eficiente de la información relevante bajo análisis, y una superior presentación e interpretación de la misma. (Yunior, 2014)

El concepto de simulación engloba soluciones para muchos propósitos diferentes. Por ejemplo, se puede decir que el modelo de un avión a escala que se introduce a una cámara por donde se hace pasar un flujo de aire, puede simular los efectos que experimentará un avión real cuando se vea sujeto a turbulencia. Por otro lado, algunos paquetes consienten hacer la representación de un proceso de fresado o torneado una vez que el beneficiario establezca ciertas condiciones iniciales, podrá ver cómo se produciría a cabo el proceso real, lo que le accedería revisarlo sin necesidad de desperdiciar material ni poner en riesgo la maquinaria. (Arredondo, 2013)

Entre los distintos tipos de procesos de simulación que logramos utilizar, nos ocuparemos del que se basa en el uso de ecuaciones matemáticas y estadísticas, conocido como simulación de eventos discretos. Este proceso consiste en relacionar los disparejos eventos que pueden cambiar el estado de un sistema bajo estudio por medio de comercializaciones de probabilidad y condiciones lógicas del problema que se esté analizando. Por ejemplo, un proceso de inspección donde estar al corriente estadísticamente que 0.2% de los productos tiene algún tipo de defecto puede simularse con habilidad mediante una simple hoja de cálculo, considerando estadísticas de retrocesos y productos conformes, y asignando una distribución de probabilidad con 0.2% de oportunidad de defecto para cada intento de inspección. (García, 2013, p. 8)

La complejidad en la operación de los sistemas de producción y servicios de la actualidad requieren de una modelación cada vez más apegada a la realidad, que permita un análisis

profundo y detallado. Por ello, herramientas que permitan modelar esta complejidad se hacen relevantes y necesarias. La simulación es una de las herramientas que hace posible conocer mejor el sistema en estudio, ya que permite evaluar diversos escenarios considerando múltiples variables de decisión y visualizar su comportamiento a través del tiempo. Se pretende realizar el diseño, desarrollo y análisis de sistemas de una manera sencilla a través de la simulación utilizando de manera especial el programa ProModel. CORTES et al. (2015)

El Software ha sido muy utilizado en todo el mundo como una herramienta potente en el proceso de toma de decisiones. Chuck White de la compañía DuPont utilizando la simulación de ProModel, y observando la naturaleza aleatoria de los movimientos en los productos, se pudo utilizar de una manera más eficiente, aumentar la entrega de producto terminado en un 10% a las flotas positivas, obteniendo un ahorro en total de aproximadamente dos millones de dólares.

2.2 Secciones de Asientos en la compañía

La compañía cuenta con una línea de producción dividida por ocho secciones, en la que el chasis va avanzando de acuerdo al ensamble adecuado de la carrocería. A partir de un programa de producción, emitido semanalmente por el jefe de este departamento se puede basar en la cantidad requerida de materia prima para la fabricación de los distintos modelos de carrocerías, así como también sus especificaciones y características de diseño, siendo el modelo MEGABUSS 700 el cual se produce en mayor cantidad.

La sección de asientos entrega el juego de asientos requerido semanalmente para cada modelo de buses, como son MEGABUSS CRUCERO, MEGABUSS GOLDEN, MEGABUSS FENIX y el nuevo modelo que se produce en mayores cantidades MEGABUSS 700, que son ensamblados en la línea de recorrido del chasis, teniendo un control de calidad empírico.

2.2.1 Base legal

La empresa es legalmente una “Compañía Limitada”, con su respectivo RUC 0602316762001, asignado por el Servicio de Rentas Internas (SRI). Cumple además con todos los requisitos que exige la Ley como la afiliación de sus trabajadores al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social a más de otros beneficios correspondientes.

2.2.2 Distribución actual de la producción

La compañía cuenta con una línea de producción dividida por ocho secciones, en la que el chasis va avanzando de acuerdo al ensamble adecuado de la carrocería.

A partir de un programa de producción, emitido semanalmente por el jefe de producción se puede basar en las cantidades requeridas de materia prima para la fabricación de los distintos modelos de carrocerías, así como también sus especificaciones y características de diseño.

Descripción general del proceso de elaboración de las carrocerías.

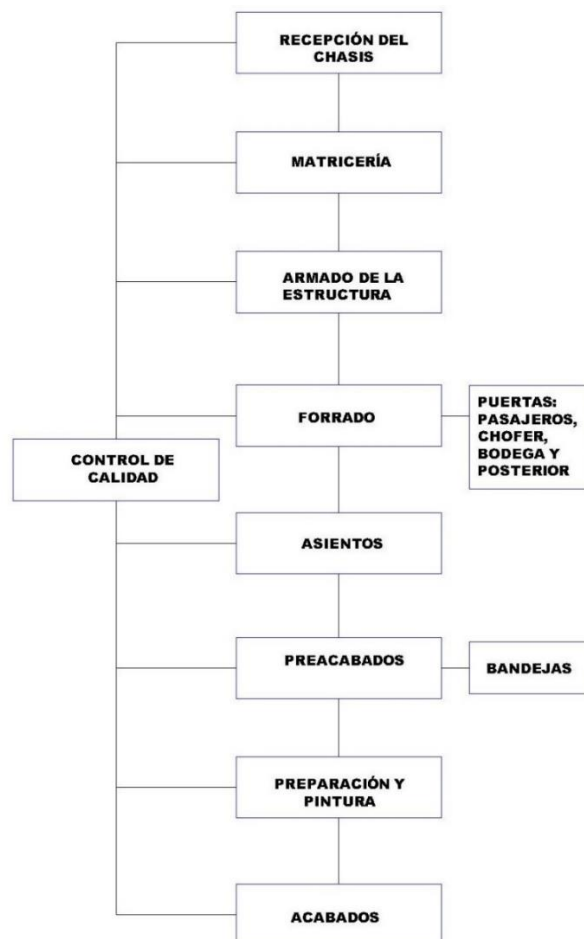


Figura 1-2. Diagrama de proceso general actual de la compañía.
Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

- Recepción del chasis. - Partiendo de un contrato de trabajo, los propietarios de los automotores a carrozar traen sus chasis a las instalaciones de la planta, el encargado recibe el chasis y lo ubica en el patio de “Recepción de chasis” esperando su turno para ser carrozado.

- **Matricería.** - En esta sección se construye todo lo referente a la parte estructural de la carrocería partiendo de las especificaciones técnicas que otorga el departamento de diseño respecto a las características establecidas en el contrato. Todas las partes estructurales son fabricadas a base de perfiles metálicos de diferente dimensión; entre las partes más importantes que se construyen en esta etapa están los laterales, techo, elementos estructurales para el piso, frente, posterior, mecanismos y brazos para los diferentes accionamientos de la carrocería.
- **Armado de la estructura.** - El armado de la estructura consiste en ensamblar todas las partes estructurales fabricadas en la etapa anterior, mediante un procedimiento establecido por el jefe de esta área. El procedimiento comienza por ensamblar todos los elementos estructurales para el piso, seguido por el ensamble de los laterales, techo, frente y posterior, a continuación, está la alineación total de la carrocería finalizando con el rematado de todas las uniones soldadas y montaje de los refuerzos necesarios para que la estructura pase a la siguiente etapa.
- **Forrado de la estructura.** - Es la etapa en que la carrocería estructurada es revestida a base de chapa metálica galvanizada o aluminio, mecanizada con anterioridad en la sección denominada “Maquinas”. El orden de actividades en esta etapa empieza con el forrado del techo, laterales, bodegas, piso, cabina, motor y con el encuadre de las diferentes partes de fibra que serán montadas posteriormente. Terminando con el ensamble de las puertas de bodega, chofer y pasajeros.
- **Sección de Asientos.** – En esta sección se realiza los diferentes tipos de asientos respecto al tipo de carrocería en la que se instala cada juego, pasando por los puestos de trabajo como: cizalla, armado, doblado, etc. Hasta llegar a la sección de tapizado en lo cual cada juego de asientos es supervisado y reajustado.
- **Pre Acabado.** - En esta etapa se forra la parte interior de la carrocería a base de expandibles, moquetas y fibras; además se tapiza la cabina, estribo, piso, como siguiente paso se colocan los vidrios para la cabina, luego se monta todas las piezas que van en el interior de la carrocería como las consolas, tableros, respaldos y bandejas.

- Preparación y pintura. - En esta etapa se cubren todas las fallas, para luego proceder a masillar, fondear, y pintar. Realizando en cada etapa el lijado con el número de lija correspondiente.
- Acabados. – En este paso se procede a pintar la carrocería, a la par de ello se realiza la instalación eléctrica, los accesorios internos y externos de la carrocería.
- Control de calidad. El control de calidad se lo realiza visualmente en todas las estaciones de trabajo mientras recorre por las mismas el chasis con los implementos de la carrocería. Finalmente se realiza la prueba de rodaje y se verifica todas las filtraciones, vibraciones, etc.

2.3 Producción

Es el proceso mediante el cual los factores de producción se combinan entre sí para fabricar los bienes y servicios. La producción puede medirse en distintas unidades físicas o en su valor monetario. (Mafius, 2012)

2.3.1 Productividad

Productividad es el resultado de dividir las salidas (productos y servicios) entre una o más entradas (tales como mano de obra, capital, etc.). (Mafius, 2012)

La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida. Estados Unidos ha tenido por mucho tiempo la productividad más alta del mundo. En los últimos 100 años, su productividad ha aumentado aproximadamente a 4% anualmente. Sin embargo, en la última década, la rapidez con que mejora su productividad ha sido superada por la de Japón, Corea y Alemania. (Rivas, 2017)

2.3.2 Medición de la productividad

Al medir la productividad tenemos un panorama más claro de que tan eficaz es el sistema de producción, buscando siempre aumentar el producto y reducir el insumo. Una de las formas de medida es mediante la siguiente relación.

$$\textbf{Productividad} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Insumo empleado}} \quad (1)$$

La productividad también puede medirse como la productividad de factor múltiples y se calcula combinando las unidades de entrada como se muestra a continuación. (Heizer & Render, 2009)

$$\textbf{Productividad} = \frac{\textit{Salida}}{\textit{Mano de obra} + \textit{material} + \textit{energía} + \textit{capital} + \textit{otros}} \quad (2)$$

Además, uno de los indicadores más importantes de la productividad es la eficiencia, que es la forma en la cual se usan los recursos de la empresa. (García, 2011)

$$\textbf{Porcentaje de eficiencia} = \frac{\textit{Capacidad usada}}{\textit{Capacidad disponible}} \times 100 \quad (3)$$

2.4 Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos

Es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo. (López, 2016)

2.4.1 Alcance de los métodos y estándares

La ingeniería de métodos incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para manufacturar un producto con base en las especificaciones desarrolladas por el área de ingeniería del producto. Cuando el mejor método coincide con las mejores habilidades disponibles, se presenta una relación trabajador-máquina eficiente. (Niebel, 2011). Una vez que se ha establecido el método en su totalidad, se debe determinar un tiempo estándar para fabricar el producto. Además, existe la responsabilidad de observar lo siguiente:

- Los estándares predeterminados deben ser cumplidos.
- Los trabajadores deben experimentar un sentimiento de satisfacción por el trabajo que realizan.

- Los trabajadores sean compensados de manera adecuada de acuerdo con su producción, habilidades, responsabilidades y experiencia

La figura 2-2. muestra los alcancen que tiene la ingeniería de métodos y el departamento de producción de una empresa pequeña hasta una empresa industrializada.

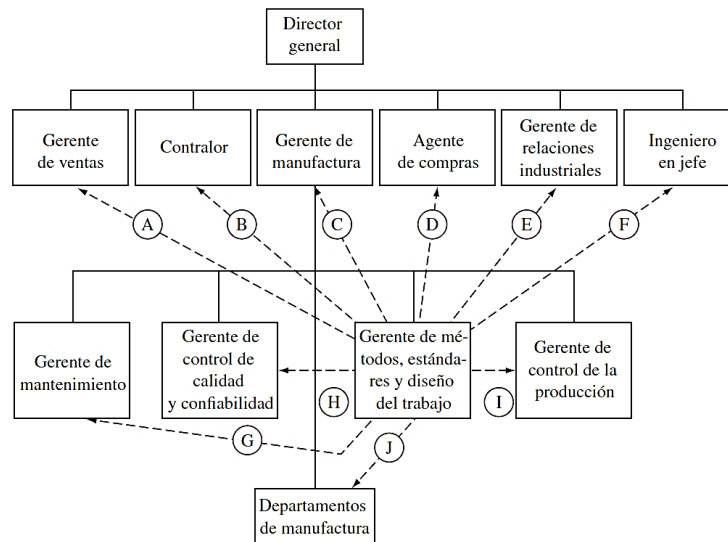


Figura 2-2. Diagrama de una organización típica que muestra la influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo en la empresa.

Fuente: (Niebel, 2011)

- A. En gran medida, el costo está determinado por los métodos de manufactura.
- B. Los estándares de tiempo son las bases de los costos estándar.
- C. Los estándares (directos e indirectos) proporcionan la base de las mediciones del desempeño de los departamentos de producción.
- D. El tiempo es el común denominador para comparar la competitividad del equipo y los suministros.
- E. Las buenas relaciones laborales se conservan mediante estándares equitativos y un entorno laboral seguro.
- F. Los métodos del diseño del trabajo y los procesos influyen en gran medida en el diseño de productos.
- G. Los estándares proporcionan la base del mantenimiento preventivo.
- H. Los estándares mantienen la calidad.
- I. La programación está basada en los estándares de tiempo.
- J. Los métodos, estándares y el diseño del trabajo determinan cómo se hará el trabajo y qué duración tendrá. (Niebel, 2011, p. 3)

2.4.2 Objetivo del estudio de métodos

Los objetivos más importantes que debemos tener en cuenta al momento de realizar un estudio de métodos son:

- Mejorar los procesos y procedimientos.
- Mejorar la disposición y el diseño de la fábrica, taller, equipo y lugar de trabajo.
- Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria.
- Aumentar la seguridad.
- Crear mejores condiciones de trabajo.
- Hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo. (García Criollo, 2005, p. 35)

2.4.3 Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo

Todos estos pasos son importantes para realizar el estudio de métodos, a su vez se establecen conceptos para su análisis y tener una adecuada perspectiva de los alcances que se obtendrán al aplicar esta poderosa herramienta de ingeniería.

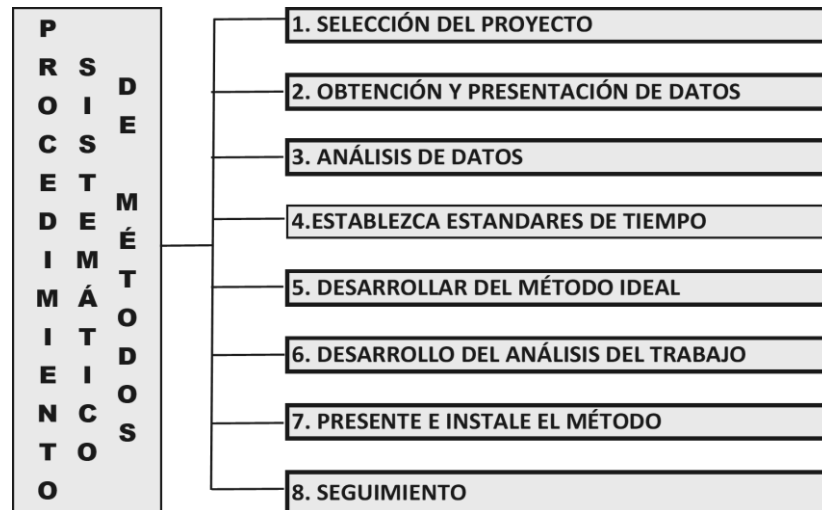


Figura 3-2. Principales etapas de un programa de ingeniería de métodos
Fuente: (Niegel, 2011, p. 5)

- Seleccione el proyecto. - Se selecciona el proyecto que tiene un alto costo de manufactura y una baja ganancia, estos proyectos son seleccionados porque los productos que fabrican no son competitivos en el mercado. Las consideraciones técnicas para la selección del proyecto pueden incluir procesamientos que necesiten

ser mejorados, problemas de control de calidad debidos al método, o problemas de funcionamiento del producto comparado con la competencia.

- Obtenga y presente los datos. - Integre todos los hechos más importantes relacionados con el producto. Esta tarea incluye formularios de tiempo, diagramas de procesos, etc.
- Analice los datos. - Se utiliza los principales métodos de análisis para decidir qué alternativa dará como resultado el mejor producto. Estos métodos incluyen: el diseño de los elementos de cada actividad, los procesos de manufactura, la configuración de herramientas, las condiciones de trabajo, la distribución de la planta y el diseño del sistema actual de producción.
- Establezca estándares de tiempo. - Determine un estándar justo y equitativo para el método instalado.
- Desarrolle el método ideal. - En este paso se selecciona el mejor procedimiento para cada operación, inspección, transporte y demoras considerando las diversas restricciones que existen en el proceso, entre ellas la productividad

Para desarrollar un nuevo método se considera las siguientes acciones:

- Eliminar los detalles que no se justifiquen.
- Cambiar y reorganizar las circunstancias bajo las que se realiza un trabajo, modificar algunos detalles y reorganizarlos para así conseguir una secuencia más adecuada.
- Simplificar los detalles que no se han podido eliminar, con el fin de ejecutarlos de una manera más rápida y sencilla. (García Criollo, 2005, p. 38)
- Desarrolle un análisis del trabajo. - Desarrollamos un análisis del trabajo del método diseñado con el fin de asegurar que los operadores sean seleccionados, entrenados y recompensados adecuadamente.
- Presente e implemente el método. - Se explica el método propuesto con detalle a las personas responsables de su operación y mantenimiento. Tome en cuenta todos los detalles del centro de trabajo con el fin de asegurar que el método propuesto ofrezca los resultados planeados

- Seguimiento al nuevo método. - Finalmente se audita con regularidad el método instalado con el fin de determinar si se están alcanzando la productividad y la calidad planeadas, si los costos se proyectaron correctamente y si se pueden hacer mejoras adicionales.

2.5 Diseño del trabajo

Una vez puesto en marcha el nuevo método, se deben analizar los principios del trabajo con el objetivo de adaptar la tarea y la estación de trabajo ergonómicamente al operador. A menudo las aplicaciones de procedimientos simplificados dan como resultado que los operadores realicen tareas repetitivas tipo máquina, lo cual provoca un mayor índice de lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo. (Niebel, 2011a: p. 6)

Cualquier aumento de la productividad y reducción de costos se ven más que disminuidos ante los altos costos de la compensación médica de los trabajadores, especialmente si se considera la tendencia en aumento en los costos del cuidado de la salud. Por lo tanto, es necesario que en el estudio se incorpore los principios de diseño del trabajo en todos los nuevos métodos que se implementen, para que la nueva línea de producción sea más productiva, segura y libre de riesgos. (Niebel, 2011b: p. 6)

2.6 Estándares

Esta técnica es el resultado final del estudio que se establece un estándar de tiempo permitido para realizar una determinada tarea, con base en las mediciones del método prescrito, con la debida consideración de fatiga y retardos inevitables del personal.

Para un mejor resultado en la aplicación del estudio del tiempo se utilizan varias técnicas para establecer un estándar:

- Estudio cronometrado de tiempos
- Recolección computarizada de datos
- Datos estándares
- Sistemas de tiempos predeterminados
- Muestreo del trabajo y pronósticos con base en datos históricos

Cada técnica es aplicable en ciertas condiciones. Los analistas del estudio de tiempos deben saber cuándo utilizar una técnica determinada y deben utilizarla con criterio y en forma correcta. Los estándares que resulten se utilizan para implantar un esquema de pago de salarios. En muchas compañías, en particular en pequeñas empresas, la actividad de pago de salarios es llevada a cabo por el mismo grupo responsable de establecer métodos y estándares del trabajo. También, la actividad del pago de salarios se realiza conjuntamente con las personas responsables de efectuar los análisis y evaluaciones del trabajo, de tal manera que estas dos actividades íntimamente relacionadas funcionen apropiadamente.

El control de la producción, la distribución de planta, las compras, la contabilidad, el control de costos, el diseño de procesos y productos son áreas adicionales relacionadas íntimamente con las funciones de los métodos y los estándares (Figura 2-2). Para operar de manera eficiente, todas estas áreas dependen de datos relacionados con tiempos y costos de producción, estos procedimientos operativos provienen del departamento de métodos y estándares que por lo general en la mayoría de empresas es el departamento de producción.

2.7 Medición del trabajo

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida (OIT).

Una de las principales técnicas que se emplean para la medición del trabajo es el estudio de tiempos que es el medio por el cual el analista puede medir el tiempo real que invierte en ejecutar una o varias operaciones de tal forma que el tiempo no-productivo sea posible eliminarlo o separarlo del tiempo productivo.

Métodos directos e indirectos para medir el tiempo de trabajo:

2.7.1 Métodos directos

Las tomas de tiempos se realizan en el mismo instante que se realizan las muestras de las distintas operaciones. A este grupo pertenecen dos técnicas:

- El cronometraje es la medición durante un determinado número de ciclos de la operación observada.
- El muestreo de trabajo es la observación discontinua del trabajo de acuerdo a un programa de observaciones aleatorias previamente establecido, registrando el estado en el que se encuentra la operación en el instante de la observación (por ejemplo: máquina parada o en marcha).

2.7.2 Métodos indirectos

No requieren la observación presencial de la operación por lo que se fija el tiempo asignado para ejecutar una actividad. A este grupo pertenecen dos técnicas:

- Los tiempos predeterminados permiten establecer el tiempo de una actividad a partir del registro de los movimientos básicos necesarios para efectuar la operación y la consulta de una serie de tablas, en las cuales se recogen los tiempos de ejecución de cada movimiento según el tipo (mover, coger, etc.) y sus parámetros característicos (distancia, paso, etc.).
- Las estimaciones se realizan estimaciones del tiempo de ejecución de una actividad con base en los conocimientos, experiencias o datos históricos; por tanto, no es una técnica de medición exacta lo que implica tener errores considerables, entre un 10% y 20%, y se suele emplear en trabajos poco repetitivos.

2.7.3 Estudio de Tiempos con cronometro

El estudio de tiempos con cronometro es una de las técnicas más exactas para establecer los estándares de tiempo en el área de manufactura, estos conceptos deben tener claro todas las personas involucradas en el proceso especialmente los ingenieros industriales a cargo del estudio para poder realizar las capacitaciones correspondientes a los operarios y administrativos.

2.7.4 Equipo para el estudio de tiempos

El equipo requerido para realizar un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, una hoja de registros del estudio de tiempos, formas para el estudio, una calculadora, software de edición de datos y principalmente el equipo de videograbación.

En los estudios de tiempos se cuentan minutos decimales, ya que las matemáticas son más fáciles. El minuto se divide igual que las monedas y no en segundos. Las descripciones matemáticas de los dos métodos se expresan en base 100 y base 60, respectivamente, de modo que 15 segundos es igual a 0.25 minutos. (Meyers, 2000, p. 135)



Figura 4-2. Cronómetro minutos y segundos decimales
Fuente: (Meyers, 2000)

2.7.5 Tipos de cronometrajes

Para tomar los tiempos de las distintas actividades que contiene los diferentes procesos de producción se pueden realizar de dos formas:

- Método de regresos a cero se basa en después de leer el cronómetro en el punto de quiebre de cada elemento, el tiempo del reloj se regresa a cero; cuando ocurre el siguiente elemento, el tiempo se incrementa a partir de cero. El método de regresos a cero tiene tanto ventajas como desventajas en comparación con la técnica de tiempo continuo. Concurdan algunos analistas del estudio de tiempos usan ambos métodos, con la creencia de que los estudios en los que predominan los elementos largos se adaptan mejor a las lecturas con regresos a cero, mientras que los estudios de ciclo corto se ajustan mejor al método continuo y es más confiable. Como los valores del elemento transcurrido se leen directamente con el método de regresos a cero, no se necesita tiempo para realizar las restas sucesivas, como en el método continuo. (Ordoñez & Umanzor, 2013)
- El método continuo permite que el cronómetro trabaje durante todo el estudio, el analista lee el reloj en el punto de quiebre de cada elemento y se deja que el tiempo siga corriendo hasta el final de la tarea. (Ordoñez & Umanzor, 2013)

Lo más significativo es que el estudio resultante muestra un registro completo de todo el periodo de observación; como resultado, complace al operario y al sindicato. El operario

puede ver que no se dejaron tiempos fuera del estudio, y que se registraron todos los retrasos y elementos extraños. (Ordoñez & Umanzor, 2013)

Como todos los hechos se presentan con claridad, esta técnica para el registro de tiempos es más fácil de explicar y vender; pero esto es posible si se conmemoran las lecturas del cronómetro en los puntos de quiebre de los tres compendios cortos y después se registran sus valores respectivos mientras se elabora el cuarto elemento más largo. (Ordoñez & Umanzor, 2013)

Por lo tanto, si se usa el método continuo es necesario realizar más trabajo de escritorio para calcular el estudio.

2.8 Desarrollo del cronometraje

El desarrollo de esta técnica consiste en elaborar hojas de registro para poder analizar la información recolectada hasta obtener el tiempo estándar. A continuación, se describen los formularios u hojas donde se realiza el estudio. (Ordoñez & Umanzor, 2013)

2.8.1 Hoja de descripción de actividades

En esta hoja se enumeran las actividades realizadas para obtener el producto terminado describiendo y analizando los recursos empleados.

Tabla 2-2. Hoja de actividades del proceso de producción

HOJA DE ACTIVIDADES			
EMPRESA:		DEPARTAMENTO:	REALIZADO POR:
		SECCIÓN:	COMPROBADO:
		PRODUCTO/PIEZA:	FECHA:
		MÉTODO:	HOJA N°:
N°	Elemento de la actividad	Actividad	Observación

Realizado por: Luis Guilcapi

2.8.2 Hoja de registro de tiempos

En el siguiente formulario se registra los tiempos que el operario tarda en realizar cada elemento de las respectivas actividades. Además, se anota la cantidad de elementos conformados en cada actividad, el número de observaciones realizadas para el estudio, el tiempo total y el tiempo observado.

Tabla 3-2. Hoja de registro de tiempos cronometrados

ESTUDIO DE TIEMPOS					
EMPRESA:	DEPARTAMENTO:	MÉTODO:		REALIZADO POR:	
	SECCIÓN:	TIPO DE CRONOMETRAJE:		COMPROBADO:	
	OPERARIO(S):	TIEMPO TRANSCURRIDO:		HOJA N°:	
	PRODUCTO/PIEZA:	UNIDADES DE MEDIDA:		FECHA:	
N°	Elemento de la actividad	Cantidad	Observaciones	T.T.	T.O.

NOTA: Obs.= Número de observaciones, T.O. = Tiempo observado, T.T. = Tiempo total

Realizado por: Luis Guilcapi

2.8.3 Hoja de registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo

En esta hoja se registran los tiempos observados de cada actividad en un ciclo de trabajo determinado. Analizando el tiempo total y el tiempo observado que es el tiempo promedio de las observaciones realizadas, teniendo en cuenta que esta hoja es muy importante para realizar posteriormente el análisis estadístico del proyecto.

Tabla 4-2. Hoja de Registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo

TIEMPOS CRONOMETRADOS POR CICLOS DE TRABAJO																		
DEPARTAMENTO:		MÉTODO:				REALIZADO POR:				EMPRESA:								
SECCIÓN:		TIPO DE CRONOMETRAJE:				COMPROBADO:												
OPERARIO(S):		TIEMPO TRANSCURRIDO:				HOJA N°:												
PRODUCTO/PIEZA:		UNIDADES DE MEDIDA:				FECHA:												
N°	Elemento de la actividad	Tiempos observados por ciclo															T.T.	T.O.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		

NOTA: T.T. = Tiempo total, T.O. = tiempo promedio observado

Realizado por: Luis Guilcapi

2.8.4 Hoja de análisis del tiempo estándar

Finalmente, en este formulario se registran el tiempo observado, el factor de valoración, el tiempo normal, los suplementos y finalmente el tiempo estándar. El análisis se lo realiza en forma clara y precisa la calificación de cada operario:

Tabla 5-2. Hoja de Registro de tiempos cronometrados por ciclos de trabajo

ESTUDIO DEL TIEMPO ESTÁNDAR						
MÉTODO:		EMPRESA:		REALIZADO POR:		
DEPARTAMENTO:				COMPROBADO:		
SECCIÓN:		TIPO DE CRONOMETRAJE:		HOJA N°:		
PRODUCTO:		TIEMPO TRANSCURRIDO:		FECHA:		
N°	ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	T.O.	F.V.	T.N.	S.	T.S.

Nota: T.O. = Tiempo observado, F.V. = Factor de valoración, T.N. = Tiempo normal, S. = Suplementos, T.S. = Tiempo estándar

Realizado por: Luis Guilcapi

2.9 Número de ciclos a cronometrarse

No siempre se obtienen tiempos exactamente iguales entre las disparejas lecturas realizadas a los elementos de una operación, por lo que es preciso tener una confianza y certeza de cuál es el tiempo con el cual se trabajará en el estudio de métodos y tiempos. La toma de tiempos es una torna de datos estadísticos (muestreo) por lo que se los puede tratar como tales, por consiguiente, cuanto mayor sea el número de ciclos cronometrados, más próximos estarán los resultados a la realidad de la actividad que se mida. (Burgos, 2015)

La uniformidad en las lecturas del cronómetro es del mayor interés para el analista; si se obtiene una muy reducida variación entre las lecturas de tiempos será necesario unas

pocas lecturas de este, pero por lo contrario si se nota una variación muy grande, será necesario realizar una mayor cantidad de lecturas. (Burgos, 2015)

Para determinar el número de observaciones a realizar hay que decidir el nivel de confianza y la precisión estadística deseada, empleándose generalmente, en estudio de tiempos, un nivel de confianza del 95,45 % y una precisión de ± 5 %. Esto significa que existe un 95 % de probabilidad de que la medida de la muestra o el valor medio del elemento no estén afectados de un error mayor a ± 5 % del verdadero tiempo del elemento observado. (García Criollo, 2005, pp. 204-205)

Para obtener el número de lecturas que nos de este nivel de confianza y precisión utilizamos la siguiente formula.

$$N = \left(\frac{K \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1 \quad (4)$$

En donde:

N = número de observaciones necesarias

K = el coeficiente de riesgo cuyos valores son:

$K = 1$ para riesgos de erros de 32%

$K = 2$ para riesgos de erros de 5%

$K = 3$ para riesgos de erros de 3%

σ = desviación típica

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (5)$$

Donde:

x_i = valores de tiempos obtenidos

(\bar{x}) = media aritmética de los tiempos

n = número de mediciones efectuadas

2.10 Valoración del ritmo de trabajo

Este método es uno de los más adecuados para evaluar el ritmo de trabajo del operario que se basa en observar y calificarle con relación a la velocidad de trabajo normal. Para

poder aplicar el factor de valoración de una forma correcta, se realiza el estudio en el campo y otorgando la puntuación respectiva, tomando como referencia al operario calificado, para así obtener el tiempo normal.

A continuación, se presentan las escalas de valoración del ritmo de trabajo de la Norma Británica.

Tabla 6-2. Valoración del ritmo de trabajo

ESCALA	FACTOR DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL DESEMPEÑO
0	0	Actividad nula.
50	0,5	Muy lento; movimientos torpes; inseguro; el operario parece dormido y sin interés en el trabajo.
75	0,75	Constante, resuelto, sin prisa, como un obrero desmotivado, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.
100 (Ritmo tipo)	1	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	1,25	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	1,5	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de <virtuoso>, solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Fuente: (OIT, 1996, p. 318)

2.11 Suplementos

Los suplementos u holguras se añaden en porcentaje al tiempo normal para obtener el tiempo estándar y de esta manera lograr con mayor precisión calcular el tiempo que el operario trabaja a un paso estándar todos los minutos del día. Se debe considerar que pueden ocurrir tres clases de interrupciones para las que deben asignarse los suplementos. La primera son las interrupciones personales, como viajes al baño y a tomar agua; la segunda es la fatiga que afecta inclusive a los individuos más fuertes en los trabajos más ligeros; la tercera, son los retrasos inevitables, como herramientas que se rompen,

interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y variaciones del material, todos ellos requieren la adición de una holgura. (Orozco, et al., 2016)

El tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabaje a un paso estándar, realizando un esfuerzo promedio en la operación se llama tiempo estándar (TE) de esa operación. (Orozco, et al., 2016)

2.11.1 Aplicación de los suplementos

Cuando se aplica este método no se usa cronómetro, puesto que el observador sólo camina por el área en estudio en momentos aleatorios y anota brevemente lo que hace cada operario. Una vez realizado la valoración objetiva de los suplementos en cada uno de los casos; se agrega este porcentaje al tiempo normal, de modo que el suplemento se base sólo en un porcentaje del tiempo productivo. Luego se expresa los suplementos como un multiplicador, para que el tiempo normal (TN) se pueda ajustar fácilmente al tiempo estándar (TE).

$$TE = TN + TN \times \text{Suplemento} = TN \times (1 + \text{Suplemento}) \quad (6)$$

donde TE = tiempo estándar

TN = tiempo normal

Entonces, si se proporcionara un suplemento de 10% en una operación dada, el multiplicador sería: $1 + 0.1 = 1.1$

Para un mejor análisis se presenta a continuación la tabla 7 de suplementos recomendados por la oficina internacional del trabajo.

Tabla 7-2. Suplementos recomendados por la OIT

A. Suplementos constantes:	
1. <i>Suplemento personal</i>	5
2. <i>Suplemento por fatiga básica</i>	4
B. Suplementos variables:	
1. <i>Suplemento por estar parado</i>	2
2. <i>Suplemento por posición anormal:</i>	
a) <i>Un poco incómoda</i>	0
b) <i>Incómoda (flexionado)</i>	2

c) <i>Muy incómoda (acostado, estirado)</i>	7
3. <i>Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):</i>	
<i>Peso levantado, lb:</i>	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. <i>Mala iluminación:</i>	
a) <i>Un poco abajo de lo recomendado</i>	0
b) <i>Bastante abajo de lo recomendado</i>	2
c) <i>Muy inadecuada</i>	5
5. <i>Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable</i>	0- 100
6. <i>Atención cercana:</i>	
a) <i>Trabajo bastante fino</i>	0
b) <i>Trabajo fino o exacto</i>	2
c) <i>Trabajo muy fino o muy exacto</i>	5
7. <i>Nivel de ruido:</i>	
a) <i>Continuo</i>	0
b) <i>Intermitente: fuerte</i>	2
c) <i>Intermitente: muy fuerte</i>	5
d) <i>De tono alto: fuerte</i>	5
8. <i>Esfuerzo mental:</i>	
a) <i>Proceso bastante complejo</i>	1
b) <i>Espacio de atención compleja o amplia</i>	4

<i>c) Muy complejo</i>	8
9. Monotonía:	
<i>a) Baja</i>	0
<i>b) Media</i>	1
<i>c) Alta</i>	4
10. Tedio:	
<i>a) Algo tedioso</i>	0
<i>b) Tedioso</i>	2
<i>c) Muy tedioso</i>	5

Fuente: (Niebel, 2011, p. 369)

2.12 Tiempo tipo o estándar

Es el tiempo que una persona calificada, convenientemente adiestrada y experimentada tarda en ejecutar una determinada operación o tarea, cuando trabaja a ritmo normal.

Para obtener el tiempo estándar, se deberá corregir el tiempo medio multiplicándolo primero por el factor de valoración del paso con el objeto de obtener el tiempo normal. A este tiempo normal se le sumarán los porcentajes de suplementos con lo que se obtendrá el tiempo estándar.

$$T_{\text{observado}} \times F_{\text{valoración}} = T_{\text{normal}} \quad (7)$$

$$T_{\text{normal}} + \% S \times T_{\text{normal}} = T_{\text{estándar}} \quad (8)$$

2.13 Técnicas del diseño de métodos

Esta técnica nos ayuda a comprender de la mejor forma posible la situación actual del producto que se va a manufacturar, mediante un registro de toda la información requerida para establecer la instalación de manufactura completa para poder mejorarla.

2.13.1 Diagrama de procesos de flujo

Este diagrama de flujo muestra el camino recorrido por un componente de la recepción de materia prima hasta su ensamble final y almacenamiento. Mediante los símbolos del diagrama de procesos. El diagrama de procesos de flujo es la técnica más completa porque el analista sabrá más de la operación de la planta que cualquier otra persona. (Meyers, 2000, p. 63)







2.13.2 Diagramas de procesos

Es una herramienta de análisis que representa gráficamente la secuencia de actividades dentro de un proceso o procedimiento productivo. Se las identifica mediante símbolos de acuerdo a su naturaleza, además incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como: distancias recorridas, tiempo observados, simbología, y la descripción resumida del proceso.

- TIPO PERSONA: otorga los detalles de cómo realiza una persona una secuencia de operaciones. Analiza el accionar del operario durante el desarrollo del proceso.
- TIPO MATERIAL: proporciona detalles de los eventos que ocurren sobre un producto o material durante las diferentes etapas o procesos que recorre el material.

La American Society of Mechanical Engineers [ASME] estableció un conjunto estándar de elementos y símbolos que pueden ser utilizados en los diferentes procesos, pues constituyen una clave utilizable en casi todas partes, que ahorra mucha escritura y sobre todo permite indicar con mucha claridad y exactitud lo que ocurre durante la actividad que se analiza. (Abraham, 2008, p. 9), los símbolos empleados son los siguientes:

Tabla 8-2. Símbolos del diagrama de procesos

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	INDICA	SIGNIFICADO
	Círculo	Operación	Se modifican las características de un objeto.
	Cuadrado	Inspección	El objeto es examinado para verificar las características de calidad y cantidad.
	Flecha	Transporte	Un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro.
	Triángulo	Almacenamiento	Un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos no autorizados.
	D mayúscula	Demora	Cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.
	Círculo y cuadrado	Operación combinada	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en su puesto de trabajo.

Fuente: (Abraham, 2008, p. 9)

2.13.3 Diagrama de recorrido

En este plano se dibujan líneas que representan el camino recorrido y se insertan los símbolos del diagrama del proceso para indicar lo que se está haciendo, incluyendo breves anotaciones que amplían su significado.

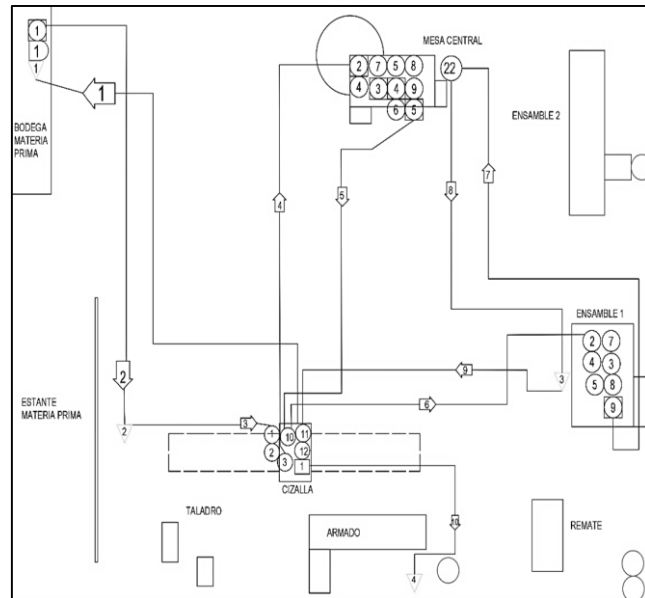


Figura 5-2. Diagrama de recorrido de la codera lateral en la Sección Asientos
Realizado por: Luis Guilcapi

2.13.4 Diagrama de Gantt

Este diagrama muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de inicio a fin de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. También se utiliza para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta y de esta manera observar si se cumple con las fechas establecidas de entrega.

El diagrama de Gantt obliga al administrador del proyecto a desarrollar un plan con antelación y proporciona un vistazo rápido del avance del proyecto en un momento dado.

2.13.5 Diagrama PERT/CPM

La Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), también conocido como diagrama de red o método de la ruta crítica, es una herramienta de planeación y control que construye de manera gráfica la forma óptima de obtener un objetivo predeterminado, generalmente en términos de tiempo.

En un diagrama de PERT, los eventos (representados mediante nodos) son posiciones en el tiempo que muestran el comienzo y término de una operación particular o grupo de operaciones.

Cada operación o grupo de operaciones que se llevan a cabo en un departamento se definen como una actividad y se llaman arcos. Cada arco tiene un número asociado que representa el tiempo necesario para llevar a cabo la actividad.

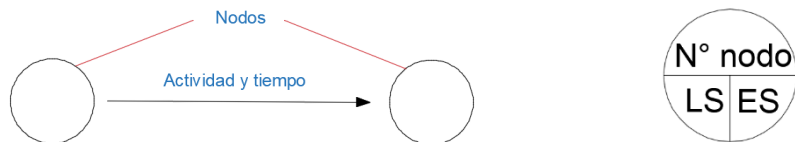


Figura 6-2. Representación de los nodos y actividades
Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Fórmulas para obtener la ruta crítica:

$$EF = ES + t \quad (9)$$

$$ES = \text{máx} (EF) \quad (10)$$

EF = terminación temprana:

ES = comienzo temprano de la actividad

t = tiempo de la actividad precedente

$$LS = LF - t \quad (11)$$

$$LF = \text{mín} (LS) \quad (12)$$

LS = comienzo tardío

LF = terminación tardía

El término ruta crítica representa el tiempo mínimo obligatorio para llevar a cabo el proyecto y es la trayectoria más larga desde el nodo de inicio al nodo final. Mientras que existe persistentemente una trayectoria como ésta en cualquier proyecto, más de una trayectoria puede reflejar el tiempo mínimo obligatorio para llevar a cabo el proyecto. Las actividades que no se encuentran a lo largo de la ruta crítica tienen cierta flexibilidad temporal. (Ingeniería de Métodos, 2014)

2.14 Distribución de planta

La distribución de plantas es una técnica muy importante porque distribuye de la manera más eficiente la parte física de una instalación industrial o de servicios, con el fin de

conseguir que los procesos de fabricación o la prestación de los servicios se lleven a cabo de la forma más racional y económica posible. Una distribución de planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una proyectada y tomando en cuenta las siguientes características:

2.14.1 Clases de distribución en planta

Las distribuciones en planta pueden disponerse en tres formas principales.

1. En línea o por producto
2. Funcional o por proceso
3. Por componente fijo

2.14.2 Preparación de un esquema de distribución

El estudio de una distribución en planta actual y propuesto se realiza en la siguiente forma:

1. Se recoge información.
2. Se considera los datos obtenidos y se plantean las distribuciones parciales.
3. Se plantea la distribución general.
4. Se comprueba la circulación y se proyecta la distribución definitiva.

2.14.3 Diagrama de proximidad Chitefol

Las formas de las diferentes distribuciones pueden recordarse con el vocablo CHITEFOL, cada letra de este vocablo representa una forma aproximada en la sección de estudio. En forma de C, de H, de I (una nave recta), de F, de E, de T, de O (rectangular) y de L. (Munier, 1973)

2.15 Principio de economía de movimientos

Existen varios principios de economía de movimientos, estos podrán aplicarse tanto a los trabajos de manufactura como de administración; aunque no todos sean aplicables a todas las operaciones, se encontrará en ellos una base para mejorar el rendimiento y reducir la fatiga de los trabajos que realizan los operarios.

Estos principios se expondrán bajo las tres subdivisiones siguientes:

- Principio de economía de movimientos, relacionados con el cuerpo humano.
- Principios de economía de movimientos, relacionados con la disposición del lugar de trabajo.
- Principios de economía de movimientos, relacionados con el diseño de herramientas y equipo.

2.15.1 Dimensión, forma y características de los puestos de trabajo

- a) Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales como objeto de ir adquiriendo buenos hábitos.
- b) Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán para no tener que buscarlos.
- c) Deben emplearse depósitos y medios de (abastecimiento por gravedad) para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.
- d) Las herramientas materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible.
- e) Los materiales y herramientas deben situarse de forma que los gestos sigúan el orden más lógico posible.
- f) Deben preverse medios para que la luz sea buena, y facilitar al obrero una silla del tipo y altura adecuados para que se siente en buena postura.
- g) Los colores de la superficie de trabajo deberán contrastar con el de la tarea que realiza para reducir así la fatiga de la vista.

2.16 Simulación

“La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema”. (Antonio, 2013, p. 6)

2.16.1 Modelos de simulación

Los modelos de simulación son la representación de los sistemas reales que son utilizados para modificar el sistema actual o diseñar un nuevo sistema.

Clasificación de modelos de simulación

- Modelos físicos. - son muy importantes para poder ver cómo se llevaría a cabo el proceso real, lo que nos da la posibilidad de revisarlo sin necesidad de desperdiciar material ni poner en riesgo la maquinaria. (Arredondo, 2013)
- Modelos matemáticos. – estos modelos pertenecen a la simulación de eventos discretos que son el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema. (Arredondo, 2013)

Según el tipo de ecuaciones matemáticas

- Los modelos continuos. - son aquellos en los que las relaciones entre las variables relevantes de la situación real se definen por medio de ecuaciones diferenciales, ya que éstas permiten conocer el comportamiento de las variables en cierto tiempo.
- Los modelos discretos. – son aquellos que se representan por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado.

Según el tiempo

- Modelos dinámicos. - son aquellos en los que el estado del sistema que estamos analizando cambia respecto del tiempo.
- Modelos estáticos. - estos representan un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinado.

Según las variables

- Modelos determinísticos. - se refieren a relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo.
- Modelos probabilísticos o estocásticos. - estos modelos consisten en tener una distribución de probabilidad en el proceso.

2.16.2 Sistemas en la simulación

Los sistemas son un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo. Los elementos más relevantes para la construcción de lo que será su modelo de simulación son: entidades, estado del sistema, eventos actuales y futuros, localizaciones, recursos, atributos, variables, y el reloj de la simulación. Para el análisis respectivo en la simulación es necesario conceptualizar estos elementos.

2.16.3 Definiciones

El estado del sistema. - Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado.

Entidad. - Es la representación de los flujos de entrada a un sistema; éste es el elemento responsable de que el estado del sistema cambie. Ejemplos de entidades pueden ser los clientes que llegan a la caja de un banco, las piezas que llegan a un proceso o el embarque de piezas que llega a un inventario. (Dunna, et al., 2006a: p. 4)

Variables. - Son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Pueden ser continuas o discretas además son muy útiles para realizar conteos de piezas y ciclos de operación, así como para determinar características de la operación del sistema.

Un evento. - Es un cambio que se produce en el estado actual del sistema.

Localizaciones. – Son los lugares o puestos de trabajo en el cual las piezas o elementos se detienen para ser mecanizadas o transformadas.

Los recursos. - Son aquellos dispositivos diferentes a las localizaciones necesarios para llevar cabo una operación.

Un atributo. - Es una característica de una entidad. Por ejemplo, si la entidad es un motor, los atributos serían su color, peso, tamaño o cilindraje

El reloj de la simulación. - Es el contador de tiempo de la simulación, y su función consiste en responder preguntas tales como cuánto tiempo se ha utilizado el modelo en la simulación, y cuánto tiempo en total se quiere que dure esta última. (Dunna, et al., 2006b: p. 6)

2.16.4 Pasos para realizar un estudio de simulación

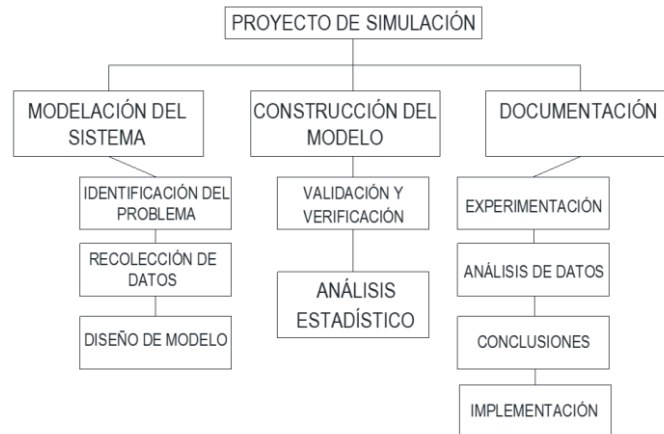


Figura 7-2. Representación del ciclo del proyecto de simulación
Fuente: (MUNIER C. 2010)

Para realizar el estudio mencionamos los pasos básicos para realizar la simulación, aunque en muchas ocasiones será necesario agregar otros o suprimir de acuerdo con la problemática en cuestión.

- **Análisis de la problemática.** – Para realizar un correcto modelo de simulación, es necesario en primer lugar definir el problema de forma concreta y clara para analizar su alcance, tomando en cuenta que en ocasiones se debe reformular el problema. Finalmente, es vital definir el objetivo, el cual indica la pregunta que se responderá a través de la simulación, debiéndose aclarar que no existen instrucciones exactas para garantizar la construcción apropiada y exitosa de modelos en cada una de las etapas, solamente la experiencia otorga esta habilidad.
- **Recolección de información del sistema.** - Es recomendable iniciar la recolección de información (datos) del sistema desde las primeras fases de la simulación, pues en la medida en que se avanza en esta, los datos que antes no eran necesarios o principales se podrían convertir en relevantes.
- **Diseño del modelo.** - Se debe definir el formato en el que se construirá el modelo, con las características de programación adecuada al modelo de simulación a construir

- Verificar el modelo. – Se compara el modelo real con la representación en el computador de ese modelo, teniendo la certeza de que se diseñó el modelo adecuado.
- Validación del modelo. – Se valida el modelo para obtener una acertada representación del sistema real. La validación se va realizando en la medida en que se va comparando el modelo con el comportamiento del sistema, si existen diferencias se deben ir evaluando para mejorar el modelo.
- Ejecutar experimentos. - Realizar la corrida del modelo tantas veces sea necesario con el fin de generar resultados contundentes y útiles.
- Análisis de los resultados obtenidos. - Es necesario para estimar el desempeño del modelo simulado que se ha desarrollado. Adicionalmente, con el análisis de resultados se puede determinar si es necesario ejecutar más experimentos.
- Documentación del resultado. - Es importante contar con toda la información de los resultados, de modo que, si más adelante el programa de simulación fuese a ser usado nuevamente, por otras personas se sabrá cómo realmente funciona, con el fin de dar mayor confianza en el uso del modelo. Adicionalmente, en caso de que se desee modificar el modelo una adecuada documentación, facilitará el proceso. Es muy importante que, al finalizar todos los análisis, generar un reporte, de forma tal que se cuente con toda la información para la toma de una decisión acertada.
- Implementación. - Puesta en marcha de acuerdo a los resultados de la simulación. Para que sea exitoso, es importante que todos los pasos anteriores se hayan cumplido a cabalidad, sin embargo, el corazón del éxito está en una correcta validación puesto que haber simulado bajo un modelo desacertado, llevará a alcanzar resultados incorrectos y por tanto a enfrentar, pérdidas de tiempo y dinero entre otros.

2.16.5 Variable aleatoria

Son aquellas que tienen un comportamiento probabilístico en la realidad. (Dunna, et al., 2006, p. 60). Para diferenciar las variables aleatorias de acuerdo con el tipo de valores aleatorios que representan en variables aleatorias discretas y variables aleatorias continuas.

Determinación del tipo de distribución de un conjunto de datos

La distribución de probabilidad de los datos históricos puede determinarse mediante las pruebas Chi-cuadrada, de Kolmogorov-Smirnov y de Anderson-Darling.

2.16.5.1 Prueba de Chi-cuadrado

Esta prueba es usualmente utilizada para funciones de probabilidad discretas, aunque también puede ser usada para funciones continuas agrupadas en intervalos de clase.

Partiendo del histograma de los datos se establecen las hipótesis de la prueba, es decir la distribución de probabilidad a la que mejor se aproxima la forma de los datos. Posteriormente se calculan la media (\bar{x}) y la varianza muestral (S^2) de los datos, para así obtener los parámetros de estimación de la distribución a la cual se refiere la hipótesis.

A continuación, se calcula el estadístico de prueba:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i} \quad (13)$$

Donde:

m = intervalo de clase o valores que toma la variable aleatoria

O_i = frecuencia observada

e_i = frecuencia esperada serán el resultados de calcular las probabilidades teóricas a partir de la función establecida en la hipótesis nula, y multiplicarlas por el tamaño de la muestra $e_i = np_i$.

Después se establece el nivel de significancia de la prueba, α y se determina el valor crítico de la prueba $\chi^2_{\alpha, m-k-1}$, donde k es el número de parámetros estimados en la distribución planteada.

Finalmente la hipótesis nula, H_0 , es rechazada si el estadístico de prueba es mayor al valor crítico calculado $X^2 > X^2_{\alpha, m-k-1}$.

Ajuste de datos con Stat::Fit

La herramienta Stat::Fit de ProModel se utiliza para analizar y determinar el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de datos. Esta herramienta permite comparar los resultados entre varias distribuciones analizadas mediante una calificación. Entre sus procedimientos emplea las pruebas ya mencionadas anteriormente.

2.16.6 Simulación con ProModel

ProModel es uno de los paquetes de software comercial para simulación más usados en el mercado y utilizado en más de 45 países alrededor del mundo. Cuenta con herramientas de análisis y diseño que, unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten al analista conocer mejor el problema y alcanzar resultados más confiables respecto de las decisiones a tomar.

2.16.7 Elementos básicos

Existen una serie de módulos que permiten analizar un estudio completamente el modelo que se requiere simular. ProModel cuenta con los mejores paquetes de simulación que existen en el mercado. A continuación, daremos una breve descripción de cada uno de ellos. (Karen, 2014)

- ProModel. - es el área de trabajo donde se definirán el modelo y todos sus componentes. En este módulo se programa todo lo que tiene que ver con las relaciones entre las variables del modelo, tanto contadores como relaciones lógicas, flujos, actividades y ciclos de producción, por ejemplo. (Karen, 2014)
- Editor gráfico. - el editor gráfico de ProModel cuenta con una serie de bibliotecas que permiten dar una mejor presentación visual a los modelos realizados
- Resultados. - este software cuenta con una interfaz de resultados que facilita la administración, el manejo y el análisis de la información.
- Stat::Fit. - el software incluye una herramienta estadística llamada Stat::Fit, que permite hacer pruebas de bondad de ajuste sobre datos muestra, produciendo

información muy importante para determinar las distribuciones asociadas a las variables aleatorias del modelo. (Karen, 2014)

- Editor de turnos. - El editor de turnos permite asignar turnos de trabajo a los elementos del modelo que lo requieran, por ejemplo, descansos programados, como el tiempo de comida.
- Sim runner. - Ésta es una herramienta muy útil en el análisis posterior del modelo. Con ella se pueden diseñar experimentos destinados a conocer el impacto de factores críticos que se generan a partir de la variación en los valores de las variables aleatorias seleccionadas para ello. (Karen, 2014)

2.16.8 Números Pseudoaleatorios

Para poder realizar una simulación que incluya variabilidad dentro de sus eventos, es preciso generar una serie de números que sean aleatorios por sí mismos, y que su aleatoriedad se extrapole al modelo de simulación que se está construyendo. Como puede comprender en la construcción del modelo los números aleatorios juegan un papel relevante.

Así, una de las primeras tareas que es necesario llevar a cabo consiste en determinar si los números que utilizaremos para "correr" o ejecutar la simulación son realmente aleatorios o no; por desgracia, precisar lo anterior con absoluta certidumbre resulta muy complicado, ya que para ello tendríamos que generar un número infinito de valores que nos permitiera comprobar la inexistencia de correlaciones entre ellos. Esto sería muy costoso y tardado, volviendo impráctico la utilización de la simulación aun con las computadoras más avanzadas. (Fros, 2015)

A pesar de lo anterior, podemos asegurar con altos niveles de confiabilidad que el conjunto de números que utilizaremos en una simulación se comportan de manera muy similar a un conjunto de números totalmente aleatorios; por ello es que se les denomina números pseudoaleatorios. (Fros, 2015)

2.16.9 Instrucciones de ProModel

- Biblioteca de funciones probabilísticas. - Mediante esta función permite simular la variabilidad de los procesos. Existen varias distribuciones de probabilidad, pero la

distribución que se va analizar es la forma de programar mediante la distribución normal, con la codificación $N(\mu, \sigma)$, donde μ es la media y σ es la desviación.

- Recursos. - Los recursos son mecanismos que requieren las entidades para completar una operación, y se caracterizan en primer lugar por tener una disponibilidad limitada. En ProModel encontramos dos tipos de recursos: recursos estáticos y recursos dinámicos.
- Paros en los equipos. - Un paro provoca que un recurso o localización quede inhabilitada para operar por un periodo de tiempo programado.
- Reglas de ruteo. - Rule permite gran versatilidad en la creación del proceso al construir las rutas de las entidades.

2.16.9.1 Ensamblajes, acumulación y agrupamiento de piezas.

Un gran número de procesos de producción incluyen operaciones de separación, ensamble, agrupamiento y unión. A continuación, se resumen varias de las funciones que ProModel tiene para modelar este tipo de técnicas. (Dunna, et al., 2006, p. 225)

- Instrucción ACCUM. - Esta instrucción retrasa el proceso de las entidades hasta que cierta cantidad del mismo tipo se haya acumulado en algún lugar del modelo. Una vez que se han acumulado, se permite que todas ellas continúen en forma separada.
- Instrucción COMBINE. - La sintaxis general de la instrucción es: COMBINE <Cantidad> AS <Nueva entidad>, su propósito es realizar una unión definitiva de entidades de un mismo tipo
- Instrucción JOIN. - Con la sintaxis general: JOIN <Cantidad> <Entidad a ensamblar>, la instrucción ensambla entidades de cierto tipo a la entidad actual. Las entidades a ensamblar provienen de otra localización, y se dirigen mediante la regla de ruteo IF JOIN REQUEST. Una vez ensambladas, las entidades pierden su identidad y atributos.
- Instrucción ROUTE. - La sintaxis general de esta instrucción es: ROUTE <Bloque de rute> La instrucción ROUTE envía la entidad hacia el proceso especificado por el número del bloque.

2.16.9.2 Transporte entre estaciones.

En ProModel, el modelado del transporte de entidades a través de un sistema se lleva a cabo gracias a los recursos dinámicos y a la creación de rutas de transporte. El procedimiento es el siguiente:

- Definir la ruta y sus propiedades en la ventana Path Network (Build / Path NetWork).
- Determinar el recurso en la ventana Resource (Build / Resource), y asociarlo con la ruta creada previamente.
- Programar en la ventana Processing (Build / Processing) la captura del recurso con la instrucción GET, el uso del recurso con las instrucciones MOVE WITH o MOVE FOR, y la liberación del recurso con la instrucción FREE. (Dunna, et al., 2006, p. 241)

2.16.9.3 Instrucciones de control

En ProModel se puede hacer uso de algunas instrucciones de control con el propósito de tomar decisiones. Estas instrucciones se pueden clasificar en decisiones, cuando uno o más bloques de código de programación son ejecutados en función de cierta condición, o en ciclos, cuando una o más instrucciones son ejecutadas repetidamente hasta que cierta condición sea verdadera. A continuación, se resumen las instrucciones de control:

- Instrucción IF-THEN-ELSE. - La instrucción IF-THEN-ELSE, cuya sintaxis general es: IF <Condición> THEN {acción 1} ELSE {acción 2} y su propósito es que el programa ejecute la acción 1 si la Condición es verdadera y la acción 2 si es falsa.
- Instrucción WHILE-DO. - La instrucción WHILE-DO, tiene la siguiente sintaxis general: WHILE <Condición> DO {acciones} y causa que el programa ejecute las acciones mientras la Condición sea verdadera, si la Condición es falsa las acciones no se ejecutan.
- Instrucción WAIT UNTIL.- La sintaxis general de la instrucción WAIT UNTIL es: WAIT UNTIL <Condición> y detiene el flujo de una entidad en una localización hasta que la Condición sea verdadera. (Dunna, et al., 2006, p. 252)

2.17 Análisis de costos de producción

El costo de producción representa la suma total de los gastos incurridos para convertir a la materia prima en un producto acabado. (Alford & Bang, 2008)

2.17.1 Elementos que conforman el costo

Estos elementos realizan el control administrativo y el manejo contable de los recursos que conforman el costo total de un artículo fabricado, estos elementos son los costos.

- **Materia Prima Directa.** - Este elemento del costo de producción se conoce también como material directo. La materia prima directa constituye los materiales necesarios para la confección de un artículo y que son, además, perfectamente medibles y cargables a una producción identificada. (Molina, 1997)
- **Mano de Obra Directa.** - Este es el segundo elemento del costo que se le conoce también como trabajo directo. Es la mano de obra necesaria para la confección de un artículo y cuyos valores por salarios se les puede aplicar sin equivocación a una unidad de producción identificada. Los valores de la materia prima directa y los valores de la mano de obra directa sumados constituyen lo que se conoce como costo primo o costo directo. (Molina, 1997)
- **Los costos indirectos de fabricación.** - Se llama conjunto de rubros que conforman este elemento se le conoce también como carga fabril, costos generales de fabricación o gastos de fabricación indirectos. Los costos indirectos de fabricación son los egresos efectuados con el fin de beneficiar al conjunto de los diferentes artículos que se fabrican o a las distintas prestaciones de servicios, pero que por su naturaleza no se pueden cargar a una unidad de producción definida. (Molina, 1997)

Estos costos indirectos de fabricación Son aquellos que incluyen costos de mano de obra indirecta, costos de materiales indirectos y otros costos indirectos que son muy variados. (Molina, 1997)

2.17.2 Conceptos fundamentales

Todo proyecto industrial se puede clasificar en cuatro funciones básicas: producción, administración, ventas, y financiamiento. Para llevar a cabo estas funciones la empresa

tiene que efectuar desembolsos por pago de salarios, arrendamientos, servicios públicos, compra de materiales, etc., estas erogaciones reciben el nombre de costos de producción, gastos de administración, gastos de ventas y gastos financieros, según la función a que pertenezcan. Por lo tanto, los costos se clasifican en: Costo de Producción, Costo de Administración, Costo de Ventas y Costo Financiero. (Dayan, 2017)

2.17.2.1 Costo de producción

Los costos de producción u operación son los gastos necesarios para mantener un proyecto en línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto.

El costo de producción tiene dos características que son: La primera es que para producir bienes se debe gastar y esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminar los innecesarios. (Dayan, 2017)

Los costos de producción pueden dividirse en dos grandes categorías: COSTOS DIRECTOS O VARIABLES, que son proporcionales a la producción, como materia prima, mano de obra, etc., y los COSTOS INDIRECTOS o FIJOS que son independientes de la producción, como los alquileres, depreciación y gastos administrativos. (Dayan, 2017)

2.17.2.2 Costo de administración

Son aquellos que provienen de la función de administración dentro de la empresa, como son: Sueldos y salarios del gerente, secretaria, contadores, auxiliares; prestaciones sociales; útiles de oficina y papelería, útiles de aseo; agua, teléfono, alquileres, seguros, instalaciones, gastos de organización de la empresa, laboratorios de control de calidad, servicio médico y hospitalario, servicio de seguridad (por ej., edificio, mercaderías almacenadas), cafetería, comunicaciones y transporte, etc. (Dayan, 2017)

2.17.2.3 Costo de ventas

Son los gastos en que incurre la empresa para vender su producción. Las empresas que venden sus productos a grandes distribuidores no tienen mayor problema en materia de ventas. Otras empresas hacen sus ventas a través de mayoristas o agencias también por

medio de vendedores los mismos que devengan sueldos y comisiones que deben ser cargados al rubro correspondiente, como son: salarios y gastos generales de oficinas de ventas, salarios, comisiones y gastos de viaje para empleados del departamento ventas, Gastos de embarque y transporte, gastos extras asociados con las ventas, servicios técnicos de venta. etc. (Dayan, 2017)

2.17.2.4 Costo financiero

Son los intereses que se deben pagar en relación con los capitales obtenidos en préstamos, entre los principales rubros de este costo estarían: Intereses a corto plazo, Intereses a largo plazo, descuentos bancarios, etc.

CAPÍTULO III

3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.1 Procedimiento metodológico

Para optimizar el proceso productivo en la producción de asientos, se realizó un procedimiento metodológico basado en los pasos más importantes del procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo. Finalmente lograr obtener los respectivos datos para realizar la simulación del proceso. Los pasos más importantes desarrolladas para el presente estudio son:

- a. Analizar la situación actual del proceso productivo, realizando un análisis exhaustivo de cada actividad que interviene en la línea de producción. Utilizando las herramientas de cronometraje y los diagramas respectivos.
- b. Realizar la simulación del sistema actual de producción, mediante el software ProModel versión estudiantil y así poder verificar visualmente la línea de producción actual de asientos.
- c. Desarrollar el método propuesto mediante ingeniería de métodos y la simulación de procesos.
- d. Evaluar la situación actual y propuesta del estudio realizado mediante un análisis de productividad y costos de producción.

3.2 Análisis preliminar del proceso productivo

Se realiza primeramente un análisis previo de todos los recursos utilizados para la producción del juego completo de 47 asientos, está incluido 1 asiento del chofer el cual es construido individualmente. Los puntos de análisis son los siguientes y sus especificaciones están en los anexos.

- Mano de obra
- Materiales a utilizarse

- Maquinaria y equipo
- Producto terminado
- Modelo de la carrocería en donde se van a colocar los asientos

Este análisis se realiza en forma directa, mediante el diseño otorgado con anterioridad por el departamento técnico. Luego el diseño es entregado al departamento de producción para finalmente dar la orden de trabajo al jefe de la sección asientos para construir el juego de requerido.

3.3 Análisis del tiempo tipo

Para medir la situación actual de trabajo se utiliza la técnica del cronometraje de regreso a cero, estos datos son tomados en cada instante en que se realizan todas las actividades para manufacturar el juego de asientos completo. Este método directo se utilizó por tener un proceso que dura aproximadamente cinco días y a su vez las lecturas son más fáciles de analizar.

3.3.1 Instrumentos de medida

Para medir el trabajo se utilizó una cámara de video Sony Handycam DCR-SR47 que nos proporciona a detalle todas las actividades que realizan para conformar las distintas piezas del proceso y, además mediante las filmaciones podemos realizar un estudio posterior si así el estudio lo requiere.



Figura 1-3. Cámara de video Sony Handycam DCR-SR47
Fuente: Luis Guilcapi

También se utilizó para la recolección de datos un cronometro vuelta a cero online que existe actualmente en varias páginas de internet. El cronometro nos da una lectura en horas, minutos, segundos y milésimas de segundo; obteniendo a su vez un cronometraje de regreso a cero.

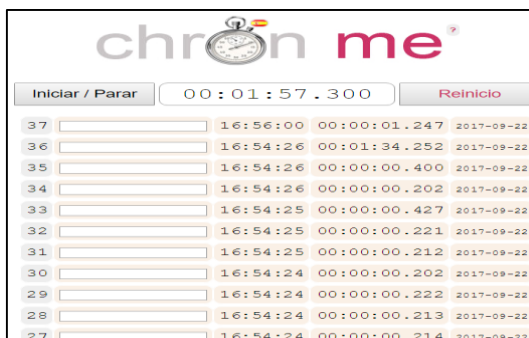


Figura 2-3. Cronometro online

Fuente: <http://cronometro-online.chronme.com/>


3.3.2 Formularios de recolección de datos

Los datos son recolectados en las distintas hojas con formatos personalizados que se elaboraron anteriormente.

3.3.2.1 Hoja de actividades principales.

Para obtener estos importantes datos se analizaron los elementos producidos en las actividades principales del proceso productivo. En este paso inicial también se detallan las observaciones para realizar cada elemento.

Tabla 1-3. Descripción de las actividades realizadas en la sección de asientos

HOJA DE ACTIVIDADES			
EMPRESA:		DEPARTAMENTO:	REALIZADO POR:
CORPMEGABUSS CIA. LTDA.		Producción	Luis Guilcapi
		SECCIÓN:	COMPROBADO:
		Asientos	Sr. Evans Vargas
		PRODUCTO/PIEZA:	FECHA:
		Juego de asientos	2016-11-07
		MÉTODO:	HOJA N°:
		Actual	1 de 1
N°	Elemento de la actividad	Actividad	Observación

1	Oreja	Conformar la orejas utilizando la sección de máquinas y asientos respectivamente.	Para ser ensambladas las orejas se utilizan dos operarios.
2	Codera lateral	Se transporta toda la materia prima a la sección de asientos y simultáneamente se conforma la codera lateral.	Se realiza el elemento con cinco operarios y se producen almacenamientos temporales.
3	Escuadra	La escuadra es conformada en los PT cizalla y mesa central.	Se utilizan dos operarios para conformar este elemento.
4	Codera central	La codera central es conformada en los PT armado, cizalla y mesa central.	Esta actividad realiza un operario.
5	Tubo redondo	Se prepara la máquina para cortar el tubo redondo a la medida, y ser almacenada en el PT Armado.	Esta actividad realiza un operario, y se produce una demora considerable por la herramienta a utilizar.
6	Tubo cuadrado	El tubo es preparado en el PT cizalla y almacenado en el PT armado.	Esta actividad realiza un operario.
7	Platina escuadra	Se realiza este elemento en el PT: cizalla, armado y remate.	En esta actividad intervienen tres operarios y se produce almacenamientos temporales.
8	Platina central	La platina es conformada en los PT cizalla, ensamble 1 y armado.	Esta actividad la realiza un operario y se produce una considerable demora por buscar la herramienta.
9	Refuerzos	Los refuerzos son preparados en el PT cizalla.	Esta actividad la realiza un operario que ocupa a la cizalla para cortar y esmerilar.
10	Estructura base	El ensamble se realiza hasta conformar la estructura base.	La totalidad del ensamble lo realizan tres operarios en sus respectivos PT.

11	Silla del chofer	La silla del chofer es ensamblada en su totalidad en el PT ensamble 2.	Un operario es el encargado de entregar conformada la estructura de la silla del chofer.
12	Espaldar	El espaldar el realizado en la sección matricería y asientos de la compañía con sus respectivos PT.	Tres operarios realizan esta actividad, además se producen dos demoras considerables en el proceso.
13	Patas	Se realizan las patas en las secciones máquinas y asientos realizando un recorrido muy largo.	En esta actividad interviene los cinco operarios de la sección asientos.
14	Media luna	Se realiza esta pieza en la sección matricería y asientos de la compañía con sus respectivos PT.	Son necesarios dos operarios para realizar esta actividad.
15	Pisadera	Se ensambla la media luna con el tubo redondo para formar la pisadera, mediante remaches.	Este elemento lo realiza un operario sin producir demoras.
16	Ganchos	Se realiza con una platina en la sección asientos utilizando tres PT.	Para realizar este elemento intervienen dos operarios.
17	Porta bandeja	Este elemento es realizado en tres secciones: máquinas, matricería y asientos.	Intervienen en esta actividad los cinco operarios.
18	Estructura móvil	Ensamblan la estructura en los PT ensamble 2 y ensamble 1.	Esta actividad es realizada por dos operarios. Con un buen grado de exactitud.
19	Angulo principal	Esta pieza es formado por dos elementos y construida en tres PT.	Se realiza este elemento con tres operarios y se produce una larga demora por la limpieza y mantenimiento.
20	Estructura armada	Se ensambla todas las distintas piezas que conforman la estructura en un solo puesto de trabajo.	Esta actividad lo realiza un operario con un alto grado de exactitud.

21	Palanca	La palanca se conforma en cuatro PT, con tres elementos ensamblados correctamente.	Esta actividad lo realiza un operario, realizando un recorrido extenso por toda la sección.
22	Platina soporte	La platina es conformada en las secciones de máquinas y asientos.	Esta actividad lo realizan un operarios y se produce una larga demora por la limpieza y mantenimiento de PT.
23	Estructura rematada	Se ensamblan los últimos detalles y se realizan los condones de soldadura respectivos para luego pintar la estructura.	La actividad es realizada entre los cinco operarios.
24	Tapizado	Se prepara los materiales para tapizar el cojín y el espaldar de todo el juego de asientos.	Intervienen 2 operarias en esta actividad y se producen muchos errores de medida en los nuevos modelos.
25	Tapizar la estructura	La estructura es tapizada en su totalidad y llevada a las canastillas para ser almacenadas.	En esta última actividad intervienen los siete operarios.


Realizado por: Luis Guilcapi

3.3.2.2 Registro de tiempos de la situación actual del proceso.

Para registrar inicialmente los tiempos observados se realizó un promedio de las 22 tomas realizadas para todas las 25 actividades. Después se realiza una calificación de las actividades realizadas mediante la tabla 10, de valoración del ritmo de trabajo recomendada por la norma británica ya mencionada en el capítulo anterior.

Finalmente, el tiempo normal de cada actividad se calcula multiplicando el factor de valoración por el tiempo observado de cada elemento de la actividad.

Tabla 2-3. Registro de tiempos recolectados en la sección de estudio

ESTUDIO DE TIEMPOS					
EMPRESA:	DEPARTAMENTO:	MÉTODO:	REALIZADO POR:		
CORPMEGABUSS CIA. LTDA	Producción	Actual	Luis Guilcapi		
	SECCIÓN:	TIPO DE CRONOMETRAJE:	COMPROBADO:		
	Asientos	Regreso a cero	Evans Vargas		
	OPERARIO(s):	TIEMPO TRANSCURRIDO:	HOJA N°:		
	7 personas	17105 min	1 de 1		
	PRODUCTO/PIEZA:	UNIDADES DE MEDIDA:	FECHA:		
	Juego de asientos	Minutos	2016-11-07		
N°	Elemento de la actividad	Cantidad	Obs.	T.T	T.O.
1	Oreja	46	22	2435,42	110,70
2	Codera Lateral	24	22	13154,94	597,95
3	Escuadra	24	22	3411,85	155,08
4	Codera Central	22	22	2722,74	123,76
5	Tubo Redondo	22	22	925,18	42,05
6	Tubo Cuadrado	48	22	659,90	30,00
7	Platina Escuadra	24	22	823,00	37,41
8	Platina Central	22	22	952,93	43,32
9	Refuerzos	552	22	4829,02	219,50
10	Estructura Base	24	22	9191,85	417,81
11	Silla del Chofer	1	22	12473,92	567,00
12	Espaldar	46	22	13538,71	615,40
13	Pata	26	22	12549,84	570,45
14	Media Luna	80	22	3757,50	170,80
15	Pisadera	40	22	4643,27	211,06
16	Gancho	24	22	2836,58	128,94
17	Porta Bandeja	46	22	36605,37	1663,88
18	Estructura Móvil	46	22	6596,34	299,83
19	Ángulo Principal	22	22	5602,41	254,66
20	Estructura Armada	24	22	3959,00	179,95
21	Palanca	46	22	13639,29	619,97
22	Platina Soporte	46	22	3927,93	178,54
23	Estructura Rematada	24	22	47935,84	2178,90
24	Preparar el tapizado	47	22	79965,22	3634,78
25	Estructura Tapizada	46	22	104125,9	4733,00

NOTA: Obs.= Número de observaciones, T.T. = Tiempo total, T.O. = Tiempo observado

Realizado por: Luis Guilcapi

3.3.2.3 Tamaño de la muestra

Para verificar el número correcto de observaciones realizadas se ha tomado como ejemplo la primera actividad. Los demás cálculos se encuentran en el Anexo A.

Tabla 3-3. Cálculo de tamaño de la muestra

n	x	\bar{x}	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	σ	Nivel de confianza	N
1	110,80	110,70	0,099	0,010	1,50	k=2	1.294
2	107,96		-2,741	7,513			
3	110,09		-0,611	0,373			
4	110,31		-0,391	0,153			
5	112,80		2,099	4,406			
6	111,24		0,539	0,291			
7	111,21		0,509	0,259			
8	110,92		0,219	0,048			
9	110,87		0,169	0,029			
10	110,35		-0,351	0,123			
11	108,25		-2,451	6,007		e=0.05	
12	113,29		2,589	6,703			
13	109,10		-1,601	2,563			
14	112,38		1,679	2,819			
15	112,46		1,759	3,094			
16	112,19		1,489	2,217			
17	110,99		0,289	0,084			
18	108,77		-1,931	3,728			
19	111,41		0,709	0,503			
20	111,52		0,819	0,671			
21	107,87		-2,831	8,014			
22	110,64		-0,061	0,004			
Total				49,61			


Realizado por: Luis Guilcapi


Como resultado tenemos que el número de observaciones es el adecuado, porque el valor de N es aproximadamente 2, pero para el presente estudio se han tomado 22 observaciones. Además, el nivel de confianza es del 95%, con un error del 5% en las lecturas realizadas que es el porcentaje recomendado para el análisis de estudio de tiempos.

3.3.2.4 Hoja de tiempos por ciclo de trabajo.

En esta hoja se anotan las 22 observaciones correspondientes para lograr obtener el tiempo total y consecutivamente el tiempo observado.

Tabla 4-3. Formulario de tiempos por ciclo de trabajo

TIEMPOS CRONOMETRADOS POR CICLOS DE TRABAJO														
DEPARTAMENTO:		MÉTODO:				REALIZADO POR:				EMPRESA:				
Producción		Actual				Luis Guilcapi				CORPMEGABUSS CIA. LTDA.				
SECCIÓN:		TIPO DE CRONOMETRAJE:				COMPROBADO:								
Asientos		Regreso a cero				Evans Vargas								
OPERARIO(s):		TIEMPO TRANSCURRIDO:				HOJA N°:								
7 operarios		17784.73 minutos (42.34 Horas/Hombre)				1 de 2								
PRODUCTO/PIEZA:		UNIDADES DE MEDIDA:				FECHA:								
Juego de asientos		Minutos				2016 – 11 - 07								
N°	Elemento de la actividad	Tiempos observados por ciclo												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Orejas	111	108	110,09	110,31	112,8	111,24	111,21	110,92	110,87	110,35	108,25	113,29	
2	Codera Lateral	596	593	596,2	595,08	602,36	600,26	591,35	603,79	590,08	595,29	607,09	601,6	
3	Escuadra	155	155	156,9	157,25	155,9	152	156,89	151,5	156,52	155,31	158,03	154,36	
4	Codera Central	124	124	123,29	123,37	124	123,08	125,05	124,58	124,7	123,11	122,74	124,03	
5	Tubo Redondo	42	42,3	43,22	42,58	40,91	39,92	44,11	44,35	41,59	42,06	40,74	40,59	
6	Tubo Cuadrado	30,1	28,1	29,2	30,38	29,86	29,33	29,37	30,19	29,42	31,57	30,9	29,9	
7	Platina Escuadra	37,3	37,7	36,64	37,45	37,37	37,39	37,85	37,27	37,33	37,54	37,92	37,93	
8	Platina Central	43,4	43,3	42,19	44,55	42,11	42,89	43,12	43,51	42,38	44,89	42,31	42,64	
9	Cimbras	219	220	220,52	218,43	219,03	218,78	219,28	219,74	219,34	219,46	219,19	220	
10	Estructura Base	419	414	417,45	419,55	420,84	421,58	415,77	416,11	417,96	421,09	415,49	420,93	
11	Silla del Chofer	567	569	568,54	567,31	566,56	566,83	567,3	567,53	566,81	565,9	567,75	566,3	
12	Espaldar	616	614	613,99	614,84	612,95	614,07	612,89	618,01	614,06	615,69	617,03	617,25	
13	Pata	569	570	569,47	569,37	568,57	570,8	573,53	571,84	570,9	570,02	568,34	573,44	
14	Media Luna	172	170	170,05	171,16	168,31	171,08	171,05	171,79	172,93	172,33	169,41	170,22	
15	Pisadera	209	210	209,78	211,26	210,48	209,97	211,22	212,58	211,95	211,3	210,26	212,03	
16	Gancho	130	129	128,75	129,03	129,05	129,19	129,25	127,88	127,78	129,72	129,43	127,48	
17	Porta Bandeja	1661	1664	1665,94	1659,31	1663,06	1669,71	1666,63	1664,02	1658,62	1671,63	1662,14	1657,16	
18	Estructura Móvil	301	299	299,79	301,3	300,45	297,35	298,44	301,5	297,58	298,32	300,28	299,06	
19	Ángulo Principal	255	258	252,97	255,09	252,25	255,57	251,32	255,48	255,83	256,86	254,62	252,58	
20	Estructura Armada	181	181	180,54	179,96	178,46	180,16	179,75	180,43	180,61	179,49	179,86	180,53	
21	Palanca	622	625	617,13	626,7	619,51	618,39	616,19	618,92	619,52	618,54	619,73	623,33	
22	Platina Soporte	180	180	176,01	180,36	180,15	180,03	178,63	179,01	178,72	177,37	176,52	179,59	
23	Estructura Rematada	2176	2184	2179,67	2175,22	2176,18	2174,4	2186,12	2176,96	2176,81	2179,47	2179,66	2176,98	
24	Preparar el tapizado	3639	3632	3632,41	3636,93	3636,55	3629,12	3639,12	3632,97	3642,39	3633,9	3635,37	3638,67	
25	Tapizar la estructura	4727	4731	4731,12	4733,32	4734,1	4732,35	4734,46	4730,33	4737,53	4735,95	4730,46	4735,56	

TIEMPOS CRONOMETRADOS POR CICLOS DE TRABAJO: CONTINUACIÓN														
DEPARTAMENTO:	MÉTODO:	REALIZADO POR:				EMPRESA:								
Producción	Actual	Luis Guilcapi				CORPMEGABUSS CIA. LTDA.								
SECCIÓN:	TIPO DE CRONOMETRAJE:	COMPROBADO:												
Asientos	Regreso a cero	Evans Vargas												
OPERARIO(s):	TIEMPO TRANSCURRIDO:	HOJA N°:												
7 operarios	17784.73 minutos (42.34 Horas/Hombre)	2 de 2												
PRODUCTO/PIEZA:	UNIDADES DE MEDIDA:	FECHA:												
Juego de asientos	Minutos	2016 – 11 - 07												
N°	Elemento de la actividad	Tiempos observados por ciclo										T.T.	T.O.	
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
1	Orejas	109	112	112,46	112,19	110,99	108,77	111,41	111,52	107,87	110,64	1328,1	60,37	
2	Codera Lateral	597	597	602,86	599,11	593,59	602,8	598,58	596,98	600,38	594,66	7171,6	325,98	
3	Escuadra	157	152	155,04	154,25	154,39	158,02	154,33	152,52	154,76	154,57	1865,0	84,77	
4	Codera Central	124	124	122,84	123,57	123,51	123,68	124,08	124,62	123,82	123,62	1485,8	67,53	
5	Tubo Redondo	42,1	40,2	42,8	42,95	41,89	41,12	42,87	41,81	43,17	41,98	504,3	22,92	
6	Tubo Cuadrado	31,3	29,4	30,31	30,78	29,78	30,67	30,13	29,96	30,08	29,23	358,3	16,29	
7	Platina Escuadra	36,9	37,4	38,14	37,5	37,64	38,07	36,86	36,88	36,75	37,2	449,6	20,44	
8	Platina Central	42,4	44	42,68	43,29	44,54	43,28	42,54	43,5	44,78	44,58	517,3	23,51	
9	Cimbras	220	221	220,26	219,77	217,36	217,71	220,45	219,54	220,57	219,97	2632,9	119,68	
10	Estructura Base	413	417	416,45	415,71	418,66	418,39	419,22	417,5	418,3	417,44	5020,1	228,18	
11	Silla del Chofer	567	568	567,01	565,01	567,11	565,8	565,15	567,57	568,42	565,88	6806,5	309,39	
12	Espaldar	618	614	615,03	614,19	614,15	616,81	615,12	619,4	618,62	613,2	7380,8	335,49	
13	Pata	569	571	570,42	569,72	570,19	571,52	568,41	571,76	569,51	573,45	6845,1	311,14	
14	Media Luna	170	171	169,93	171,22	171,86	170,67	171,71	171,07	170,86	169,48	2049,9	93,18	
15	Pisadera	212	210	209,2	211,65	212,8	213,2	209,99	210,5	211,74	211,78	2530,5	115,02	
16	Gancho	130	129	128,44	128,39	130,24	128,21	129,89	129,5	128,73	127,61	1546,7	70,30	
17	Porta Bandeja	1665	1665	1660,28	1667,1	1663,32	1662,61	1667,72	1662,47	1665,58	1662,9	19962,6	907,39	
18	Estructura Móvil	301	300	299,32	300,49	302,01	299,82	299,96	298,88	298,79	301,47	3594,4	163,38	
19	Ángulo Principal	257	256	253,99	251,04	258,77	256,93	255,25	251,76	252,14	254,35	3054,8	138,85	
20	Estructura Armada	180	179	180,67	180,56	178,29	178,49	178,44	180,08	180	180,74	2162,2	98,28	
21	Palanca	617	615	619,89	616,28	621,72	620,91	619,96	616,73	622,6	624,46	7444,6	338,39	
22	Platina Soporte	179	178	178,28	178,27	177,59	178,76	179,37	177,77	177,35	177,71	2145,9	97,54	
23	Estructura Rematada	2185	2181	2178,19	2180,64	2178,24	2178,44	2177,37	2177,7	2176,6	2182,17	26141,0	1188,23	
24	Preparar el tapizado	3639	3632	3635,2	3631,33	3631,45	3635,51	3632,37	3633,94	3630,62	3635,6	43628,9	1983,13	
25	Tapizar la estructura	4735	4728	4729,64	4735,37	4729,59	4734,46	4739	4734,56	4732,19	4735,36	56792,7	2581,49	

Realizado por: Luis Guilcapi

El tiempo observado que se tarda en producir las diferentes piezas es muy variado, esto se debe a que las tres últimas actividades son estrictamente de acabados en la distribución actual. Este tiempo es el promedio de las diferentes observaciones realizadas mediante el cronometraje por lo que es el más exacto para realizar los diferentes cálculos para obtener el tiempo estándar.



Gráfico 1-3. Tiempo observado de producción de cada actividad
Realizado por: Luis Guilcapi

3.3.3 *Análisis del tiempo estándar o tiempo tipo actual*

Hoja de análisis para obtener el tiempo estándar

En esta hoja se otorga la calificación respectiva de acuerdo al factor de valoración recomendada por la norma británica, también se analizan los suplementos que se presentan en las operaciones previniendo necesidades biológicas, breves descansos, etc.

A continuación, se obtiene el tiempo normal y el tiempo estándar total de trabajo en la sección de asientos para el modelo de la carrocería MEGABUSS 700.

Tabla 5-3. Análisis del tiempo estándar

ESTUDIO DEL TIEMPO ESTÁNDAR						
MÉTODO:		EMPRESA:		REALIZADO POR:		
Actual		CORPMEGABUSS CIA. LTDA.		Luis Guilcapi		
DEPARTAMENTO:				COMPROBADO:		
Producción				Evans Vargas		
SECCIÓN:		TIPO DE CRONOMETRAJE:		HOJA N°:		
Asientos		Regreso a cero		1 de 1		
PRODUCTO:		TIEMPO TRANSCURRIDO:		FECHA:		
Juego de asientos		332,37 horas		2016 – 11 - 07		
N°	ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	T.O	F.V	T.N	S.	T.S.
1	Orejas	1,85	1,00	1,85	1,11	2,05
2	Codera Lateral	9,97	0,75	7,47	1,11	8,30
3	Escuadra	2,58	1,00	2,58	1,11	2,87
4	Codera Central	2,06	1,00	2,06	1,11	2,29
5	Tubo Redondo	0,70	1,00	0,70	1,11	0,78
6	Tubo Cuadrado	0,50	1,00	0,50	1,11	0,55
7	Platina Escuadra	0,62	1,00	0,62	1,11	0,69
8	Platina Central	0,72	1,00	0,72	1,11	0,80
9	Refuerzos	3,66	1,25	4,57	1,11	5,08
10	Estructura Base	6,96	1,00	6,96	1,15	8,01
11	Silla del Chofer	9,45	1,00	9,45	1,11	10,49
12	Espaldar	10,26	1,00	10,26	1,11	11,38
13	Pata	9,51	1,00	9,51	1,11	10,55
14	Media Luna	2,85	1,00	2,85	1,11	3,16
15	Pisadera	3,52	1,00	3,52	1,11	3,90
16	Gancho	2,15	1,00	2,15	1,11	2,39
17	Porta Bandeja	27,73	1,00	27,73	1,15	31,89
18	Estructura Móvil	5,00	1,00	5,00	1,15	5,75
19	Ángulo Principal	4,24	1,00	4,24	1,11	4,71
20	Estructura Armada	3,00	1,00	3,00	1,15	3,45
21	Palanca	10,33	1,00	10,33	1,11	11,47
22	Platina Soporte	2,98	1,00	2,98	1,11	3,30
23	Estructura Rematada	36,32	1,00	36,32	1,15	41,76
24	Tapizado	60,58	1,00	60,58	1,11	66,03
25	Estructura Tapizada	78,88	1,00	78,88	1,15	90,72
	TOTAL	296.41		294.84		332.37

Realizado por: Luis Guilcapi

El análisis para obtener el tiempo estándar se la realiza en horas debido a que esta unidad de tiempo tiene mejor acogida en la mayoría de empresas y principalmente nos ayuda a realizar los cálculos con mayor claridad.

Una vez obtenido el tiempo estándar de cada actividad del proceso, este tiempo es dividido para el número de operarios (7 operarios) que trabajan de forma paralela en la sección, teniendo como resultado las 47,48 horas de trabajo.

Tabla 6-3. Tiempo estándar de cada actividad en horas de trabajo

Nº	ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	T.S.
1	Orejas	0,29
2	Codera Lateral	1,19
3	Escuadra	0,41
4	Codera Central	0,33
5	Tubo Redondo	0,11
6	Tubo Cuadrado	0,08
7	Platina Escuadra	0,10
8	Platina Central	0,11
9	Refuerzos	0,73
10	Estructura Base	1,14
11	Silla del Chofer	1,50
12	Espaldar	1,63
13	Pata	1,51
14	Media Luna	0,45
15	Pisadera	0,56
16	Gancho	0,34
17	Porta Bandeja	4,56
18	Estructura Móvil	0,82
19	Ángulo Principal	0,67
20	Estructura Armada	0,49
21	Palanca	1,64
22	Platina Soporte	0,47
23	Estructura Rematada	5,97
24	Tapizado	9,43
25	Estructura Tapizada	12,96
Total		47,48

Realizado por: Luis Guilcapi

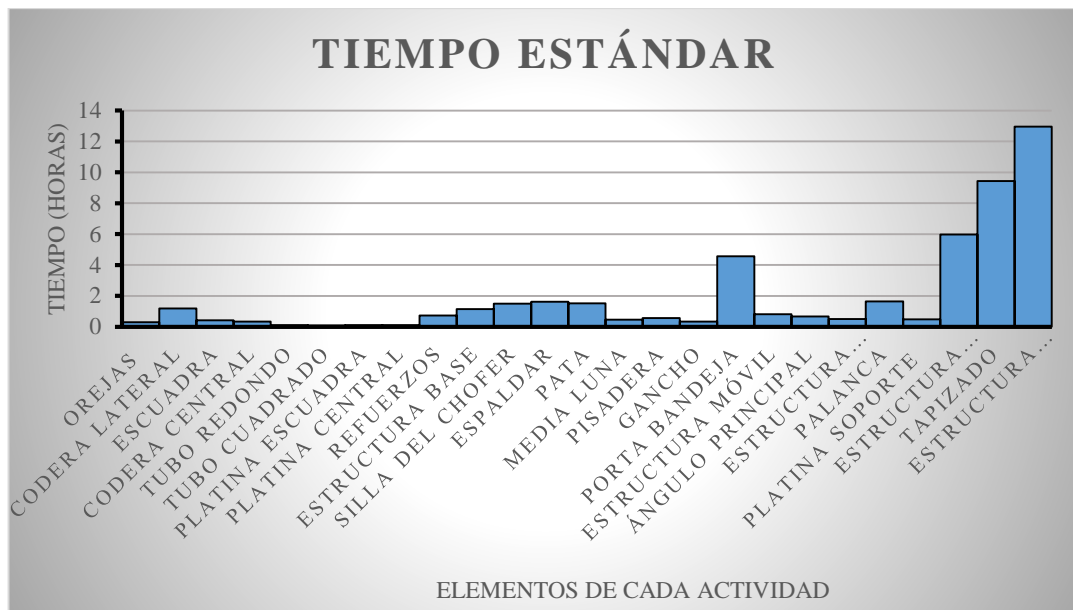


Gráfico 2-3. Tiempo estándar
Realizado por: Luis Guilcapi

El tiempo total es dividido para las horas de la jornada de trabajo diarias (9.5 horas) y así obtener los días de trabajo requeridos para la producción actual.

$$\text{Días de trabajo} = \frac{47.5 \text{ horas}}{9.5 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 5 \text{ días}$$

3.4 Análisis del proceso de producción actual

En esta sección se detallará la forma de realizar las distintas actividades, que conforman todo el proceso de cada uno de las piezas desde la obtención de la materia prima hasta el producto final. para esto es necesario realizar lo diagramas de procesos, diagramas de flujo, etc.

3.4.1 Diagrama actual de recorrido

A continuación, se presenta el diagrama de recorrido que muestra de una forma muy resumida el recorrido que realizan los materiales para ser procesados, hasta terminar el juego completo de asientos que con ayuda de los operarios es conformado en los distintos puestos de trabajo.

Claramente se observa una distribución inadecuada y muy congestionada en los distintos puestos de trabajo, además los transportes que realiza el producto en proceso con la ayuda de los operarios son trayectos muy extensos.

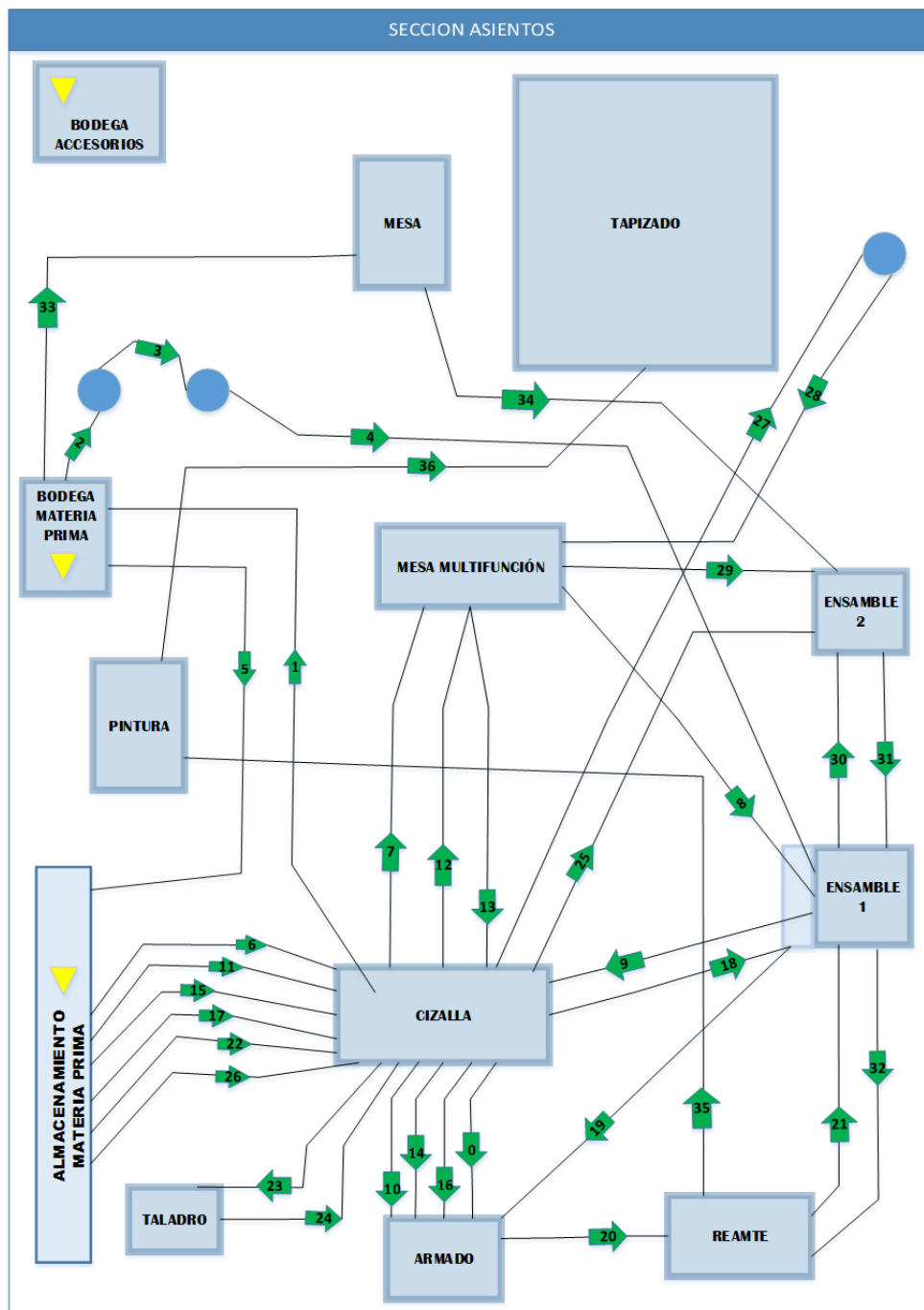


Figura 3-3. Diagrama de recorrido actual en la sección de asientos
Realizado por: Luis Guilcapi

3.4.2 Diagrama de procesos de flujo

Con la ayuda del presente diagrama identificamos de una forma más clara y consistente todas las actividades realizadas para conformar las distintas piezas que intervienen en el juego completo de asientos.

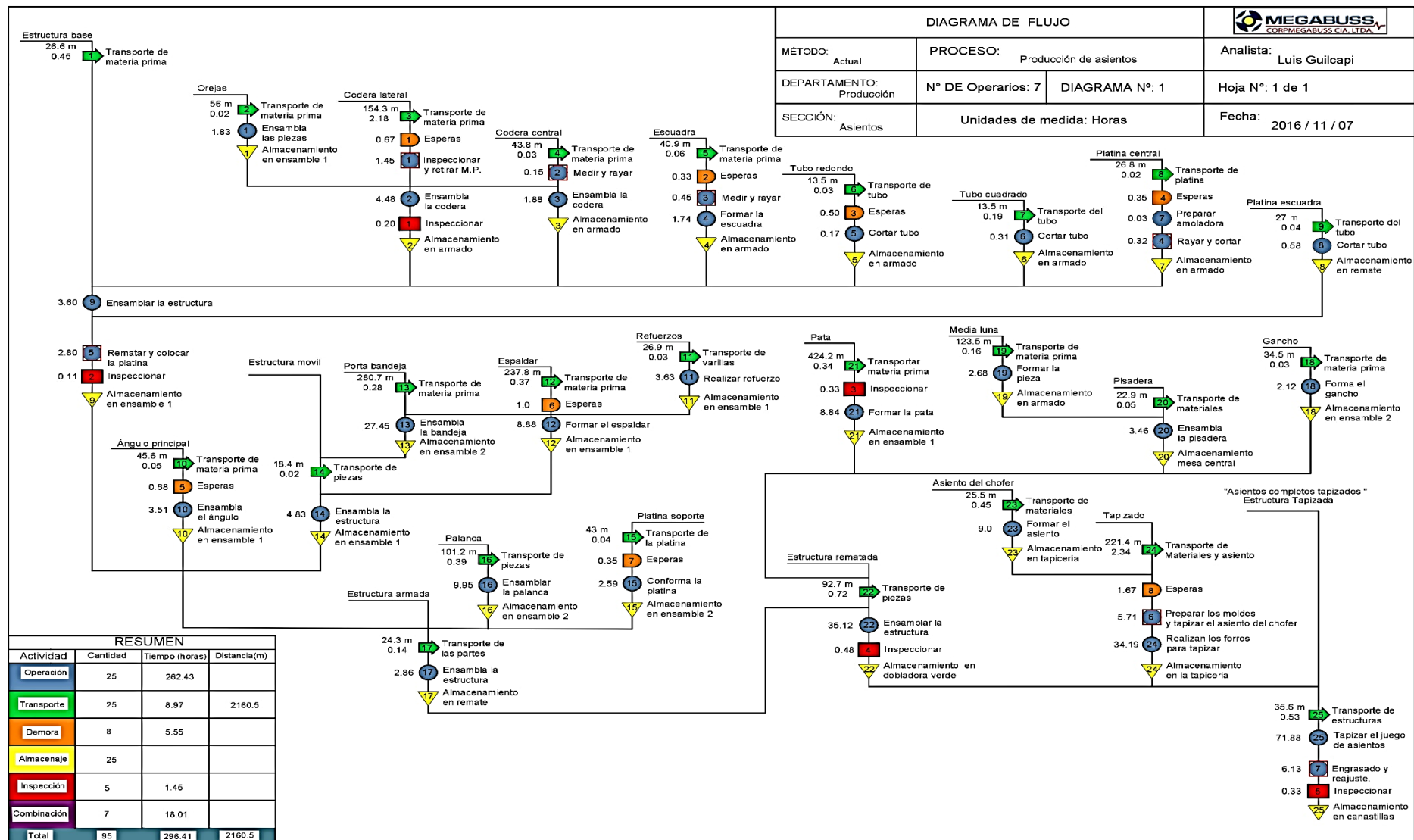


Figura 4-3. Diagrama de flujo actual en la sección de asientos
 Realizado por: Luis Guilcapi

3.4.3 Diagrama de procesos tipo material

El diagrama de procesos nos muestra detalladamente los pasos para elaborar todos los elementos que conforman el juego completo de asientos. También se visualiza el recorrido que realiza el material a ser mecanizado en los distintos puestos de trabajo.

El proceso actual de trabajo para la fabricación de la codera lateral se detalla a continuación, mientras los demás diagramas que complementan toda la producción se encuentran evidenciados en el Anexo G.









































































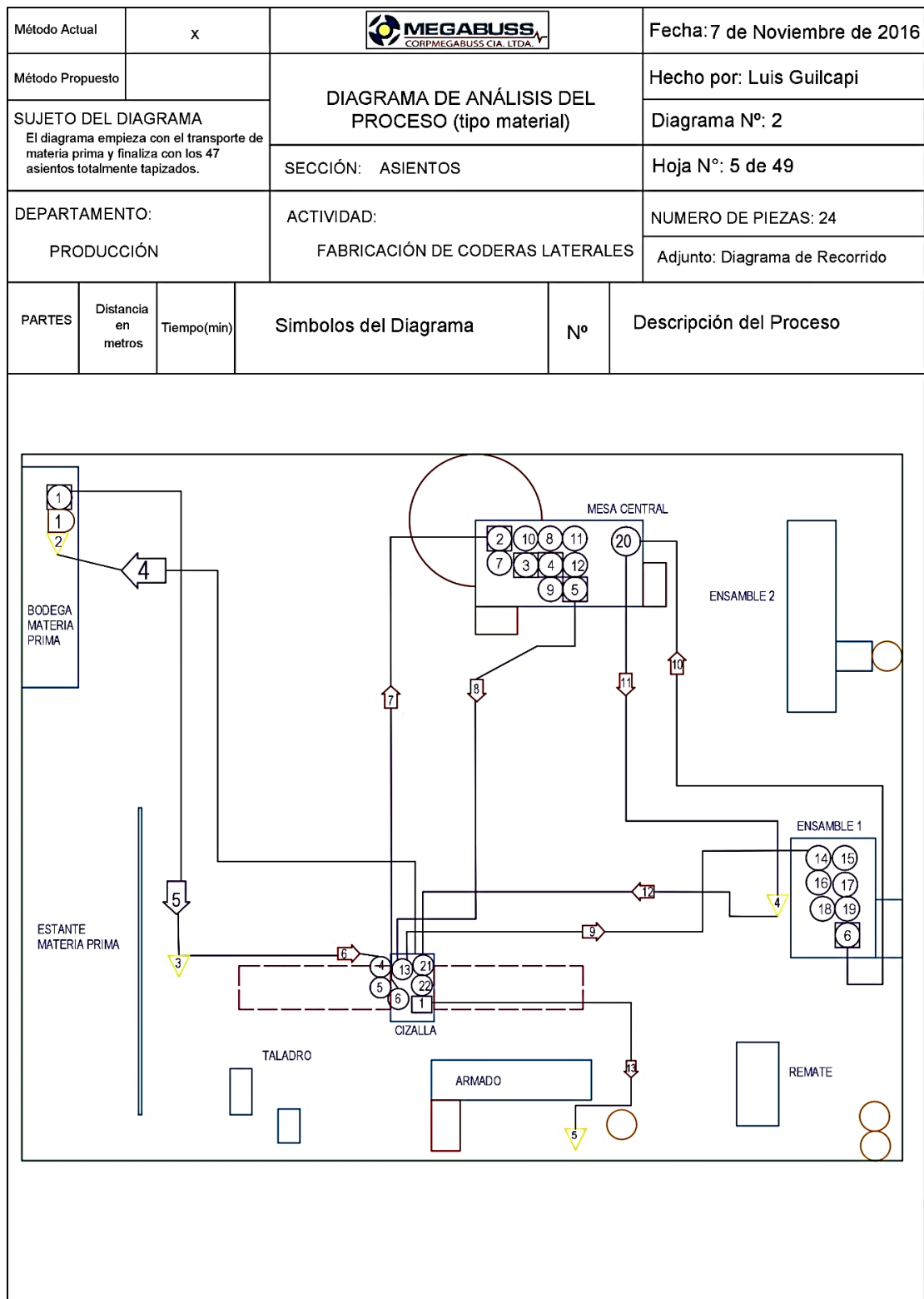
Método Actual		X					Fecha: 7 de Noviembre de 2016		
Método Propuesto				DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (tipo material)			Hecho por: Luis Guilcapi		
SUJETO DEL DIAGRAMA El diagrama empieza con el transporte de materia prima y finaliza con los 47 asientos totalmente tapizados.							Diagrama N°: 2		
				SECCIÓN: ASIENTOS			Hoja N°: 3 de 49		
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN				ACTIVIDAD: FABRICACIÓN DE CODERAS LATERALES			NUMERO DE PIEZAS: 24		
							Adjunto: Diagrama de Recorrido		
PARTES	Distancia en metros	Tiempo(min)	Símbolos del Diagrama					N°	Descripción del Proceso
C O D E R A L A T E R A L	30.00	30.00	○	➡	□	D	▽	4	Transporte a bodega materia prima
			○	➡	□	D	▽	2	Almacenamiento de materia prima
		40.0	○	➡	□	D	▽	1	Demora por pedido de M. P.
		60.0	○	➡	□	D	▽	1	Retirar e inspeccionar la materia prima
	30.00	90.00	○	➡	□	D	▽	5	Transportar a Almacenamiento 1
			○	➡	□	D	▽	3	Almacenamiento de materia prima
	5.3	0.83	○	➡	□	D	▽	6	Transportar a Cizalla
		2.50	●	➡	□	D	▽	4	Preparar la máquina para corte a medida establecida
		4.80	●	➡	□	D	▽	5	Corte del tubo redondo
		2.80	●	➡	□	D	▽	6	Pulir esquinas del tubo
	13.3	0.83	○	➡	□	D	▽	7	Transportar de la Cizalla a Mesa Central
		8.0	●	➡	□	D	▽	2	Medir y rayar
		13.00	●	➡	□	D	▽	7	Preparar la Dobladora a medidas
		22	●	➡	□	D	▽	8	Realizar el primer doblado del tubo
		8	●	➡	□	D	▽	3	Medir y rayar
		10.00	●	➡	□	D	▽	9	Preparar la Dobladora con matriz
		16.80	●	➡	□	D	▽	10	Realizar el segundo doblado del tubo
		6.80	●	➡	□	D	▽	4	Medir y rayar el tubo
		10.00	●	➡	□	D	▽	11	Prepara la máquina
		24	●	➡	□	D	▽	12	Dobla el tubo
		4.0	●	➡	□	D	▽	5	Medir y rayar con plantilla.
	13.3	0.83	○	➡	□	D	▽	8	Transportar tubos a cizalla
		20.00	●	➡	□	D	▽	13	Corta a medidas y pulir
	11.2	1.50	○	➡	□	D	▽	9	Transportar los tubos doblados
		21.00	●	➡	□	D	▽	14	Prepara el puesto de trabajo, Ensamble 1
		16.0	●	➡	□	D	▽	15	Alinear piezas a ser ensamblada respecto a la matriz
		18.80	●	➡	□	D	▽	16	Ensambla las 2 piezas

Figura 5-3. Diagrama del proceso actual para elaborar la codera lateral
Realizado por: Luis Guilcapi

Método Actual	x							Fecha: 7 de Noviembre de 2016	
Método Propuesto			DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (tipo material)					Hecho por: Luis Guilcapi	
SUJETO DEL DIAGRAMA El diagrama empieza con el transporte de materia prima y finaliza con los 47 asientos totalmente tapizados.								Diagrama N°: 2	
			SECCIÓN: ASIENTOS					Hoja N°: 4 de 49	
DEPARTAMENTO:			ACTIVIDAD:					NUMERO DE PIEZAS: 24	
PRODUCCIÓN			FABRICACIÓN DE CODERAS LATERALES					Adjunto: Diagrama de Recorrido	
PARTES	Distancia en metros	Tiempo(min)	Simbolos del Diagrama					N°	Descripción del Proceso
C O D E R A L A T E R A L		19.20						17	Coloca el tubo recto y dos piezas a ensamblar
		32.80						18	Ensambla el tubo
		10.00						19	Remata el conjunto
		60.00						6	Pulido y alineación
	17.0	2.83						10	Trasporte de Ensamble 1 a la Mesa Central
		8.80						20	Alineación
	14	0.60						11	Trasporte a Ensamble 1
								4	Almacenamiento en espera
	11.2	0.17						12	Transporte del operario.
		1.27						21	Alzar los tubos rectos al tanque
		14.80						22	Corte de tubos medios
		12.00						1	Inspección respecto a la matriz
	9.0	3.0						13	Transporte a Armado
								5	Almacenamiento.

RESUMEN			
Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia(m)
Operación	19	268.50	
Transporte	10	130.60	154.30
Demora	1	40	
Almacenaje	4		
Inspección	1	12	
Combinación	6	146.80	
Total	41	597.9	154.30
9.97 horas			







Realizado por: Luis Guilcapi



Realizado por: Luis Guilcapi

Los diagramas de análisis de proceso actuales ayudan a visualizar los elementos más importantes para el estudio del método en la fabricación de asientos. De igual manera se ha realizado un resumen de todas las actividades que conforman la situación actual de trabajo en toda la línea de producción.

Tabla 7-3. Cuadro de resumen en la producción de asientos, método actual

RESUMEN FINAL				
Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Distancia(m)
	244	15745,94	262,43	
	129	538,26	8,97	2160,6
	10	333	5,55	
	52			
	6	87,1	1,45	
	16	1080,4	18,01	
TOTAL	457	17784,7	296,41	2160,6

Realizado por: Luis Guilcapi

3.5 Diagrama de Gantt

El diagrama fue elaborado mediante la unidad de tiempo de cada actividad en horas y el tiempo total de producción en días para obtener una mejor forma de visualizar la duración de todo el conjunto de actividades.

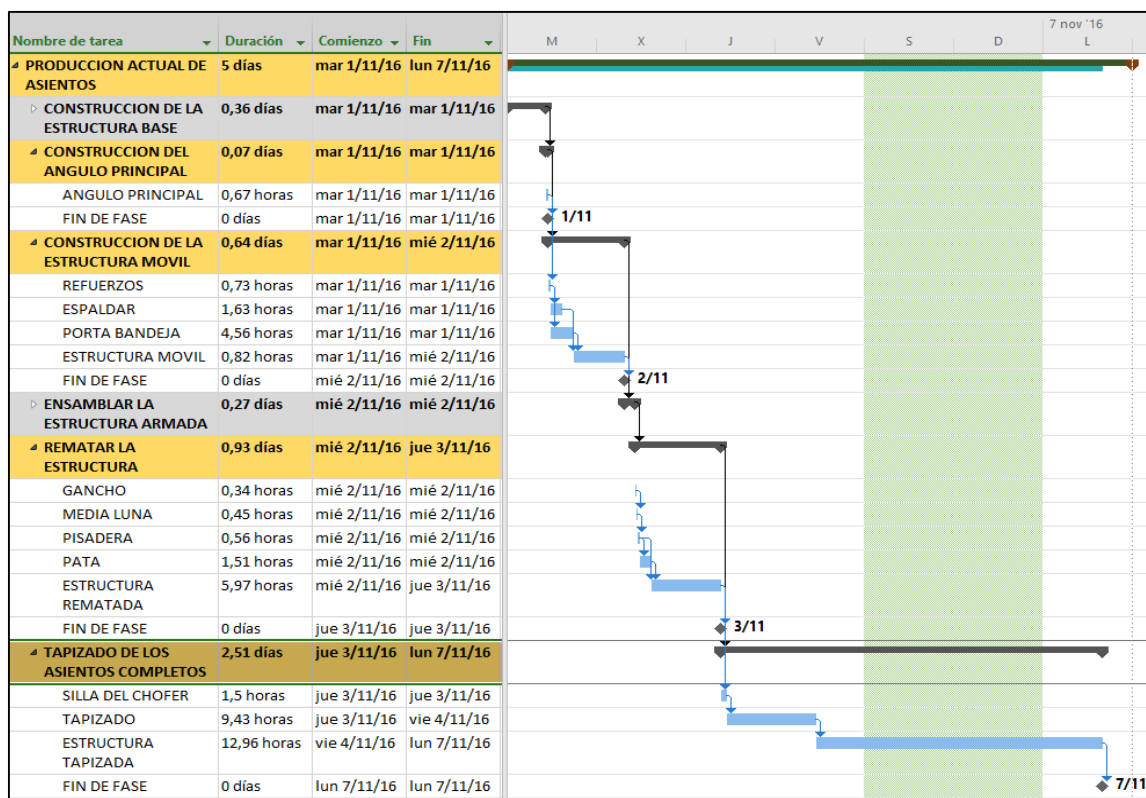


Figura 6-3. Diagrama Gantt de la distribución actual

Realizado por: Luis Guilcapi

3.6 Diagrama PERT CPN

Para obtener el diagrama Pert de la situación actual del proceso productivo, en primer lugar, se elabora la tabla de precedencia de actividades.

Tabla 8-3. Actividades predecesoras.

ELEMENTOS	CLAVE	PREDECESORA	TIEMPO
Orejas	A	-----	0,29
Codera lateral	B	A	1,19
Codera central	C	A	0,33
Escuadra	D	B	0,41
Tubo redondo	E	C	0,11
Tubo cuadrado	F	D	0,08
Platina central	G	E	0,11
Platina escuadra	H	F	0,1
Estructura base	I	G,H	1,14
Angulo principal	J	I	0,67
Refuerzos	K	J	0,73
Espaldar	L	K	1,63
Porta bandeja	M	K	4,56
Estructura móvil	N	M,L	0,82
Platina soporte	Ñ	J	0,47
Palanca	O	Ñ	1,64
Estructura armada	P	N,O	0,49
Gancho	Q	P	0,34
Media luna	R	P	0,45
Pisadera	S	Q	0,56
Pata	T	R	1,51
Estructura rematada	U	S,T	5,97
Silla del chofer	V	U	1,5
Tapizado	W	V	9,43
Estructura tapizada	X	W	12,96

Realizado por: Luis Guilcapi

Luego se construcción del diagrama Pert

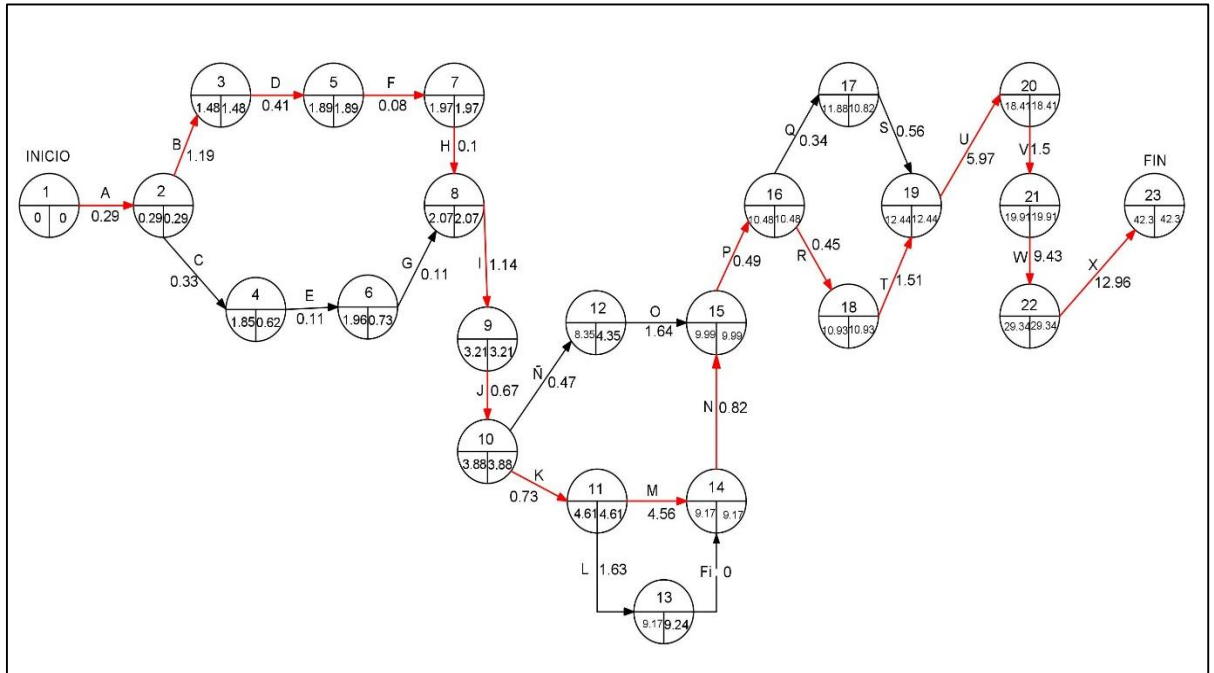


Figura 7-3. Diagrama de Pert de la distribución actual

Realizado por: Luis Guilcapi

La ruta crítica representa el tiempo mínimo de 42.3 horas que es necesario para desarrollar el proyecto con una trayectoria muy larga de inicio a fin.

3.7 Distribución actual de planta

La compañía actualmente está distribuida por dos naves industriales de las cuales en la primera nave la sección de asientos ocupa un área de 465.56 m² distribuidos 11 puestos de trabajo y además ocupa temporalmente 8 puestos de trabajo adicionales de las secciones de máquinas y matricería. La compañía cuenta con siete operarios en esta sección los cuales trabajan por turnos completos de 8 horas y 1.5 horas suplementarias de lunes a viernes, produciendo aproximadamente un juego semanal de asientos, para la línea de ensamble actual.

En la planta de producción CORPMEGABUSS CIA LTDA la sección de asientos se encuentra distribuida de la siguiente forma:

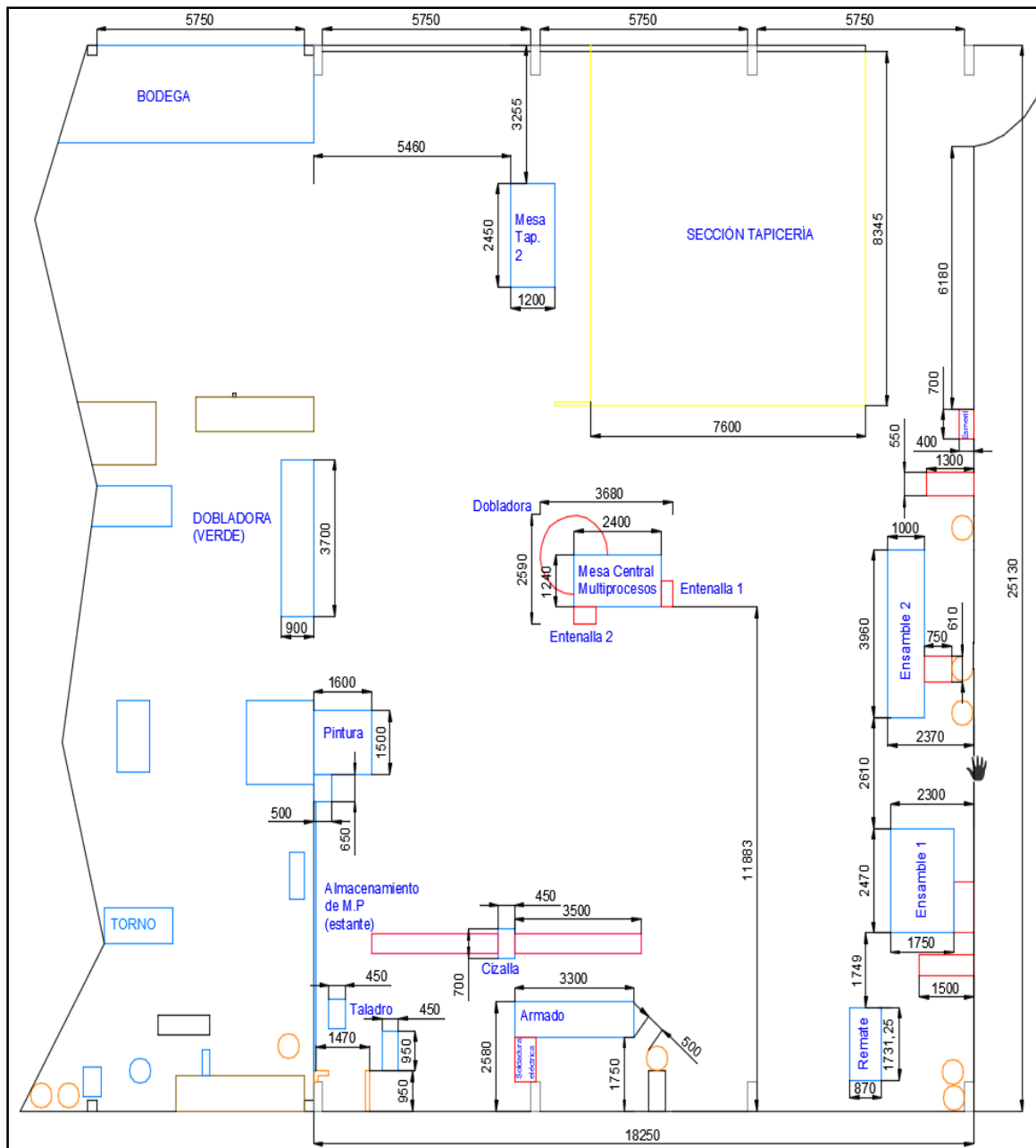


Figura 8-3. Distribución actual en la sección de asientos

Realizado por: Luis Guilcapi

3.7.1 Tipo de distribución en la sección asientos

La sección de asientos pretende tener una distribución en línea, pero el método actual de trabajo y transportes realizados son funcionales, puesto que las piezas una vez acabadas en varios puestos de trabajo, son transportadas al siguiente puesto de trabajo, donde tendrán que hacer cola para poder ser procesadas o ensambladas con otros elementos y pasar al siguiente puesto de trabajo. La mayor parte del tiempo total de fabricación se pierde en esperas.



Figura 9-3. Almacенamientos de espera en la sección de asientos
Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

3.7.2 Esquematización de la distribución actual

El estudio de la situación actual en la planta se la realizó analizando los pasos más importantes para preparar el esquema de distribución, los cuales son:

- Recolección de información. - La recolección de información se realizó utilizando herramienta como los formularios para el análisis de tiempos y los distintos diagramas de estudio preliminares.
- Planteamiento de las distribuciones parciales. - Una vez recopilada la información necesaria y analizarla, se procede a enumerar los puestos de trabajo en toda la sección asientos y los demás puestos de trabajo que los operarios ocupan de otras secciones para obtener el producto terminado.

Tabla 9-3. Relación de puestos de trabajo

Número	Maquinaria
1	Bodega
2	Bodega 2
3	Cizalla automática
4	Troqueladora
5	Cizalla
6	Almacenamiento de materia prima
7	Mesa central
8	Armado
9	Remate
10	Ensamble 1
11	Ensamble 2
12	Taladro
13	Pintura
14	Mesa tap. 2
15	Tapizado
16	Dobladora verde
17	Dobladora automática
18	Dobladora hidráulica
19	Materia prima tap.

Realizado por: Luis Guilcapi

3.7.2.1 Diagrama de proximidad actual

Para analizar el planteamiento de la distribución actual de los puestos de trabajo se emplea hexágonos que representan cada uno de los puestos de trabajo.

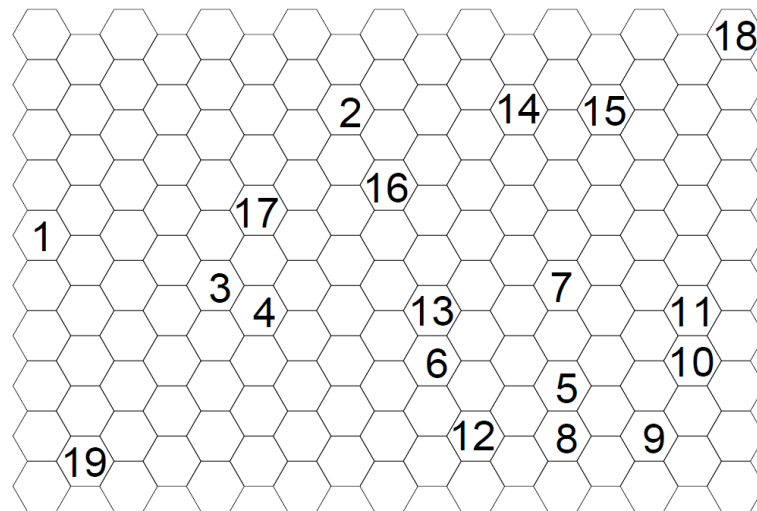


Figura 10-3. Distribución o diagrama de proximidad actual
Realizado por: Luis Guilcapi

La distribución con la que cuenta actualmente la compañía ha sido realizada sin tomar en cuenta ningún parámetro técnico es decir que la maquinaria se ha ido ubicando según se iba adquiriendo. Por lo tanto, mediante observación y análisis se pudo determinar que la distribución se asemeja a una distribución en “O” del diagrama de proximidad CHITEFOL.

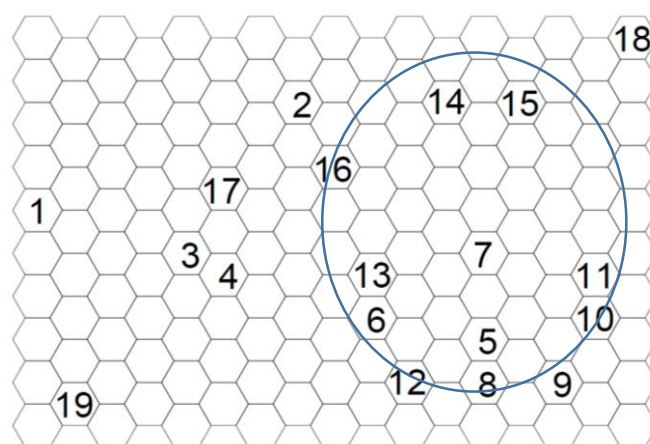


Figura 11-3. Diagrama de proximidad respecto a la
forma de ubicación actual

Realizado por: Luis Guilcapi

3.8 Simulación de la situación actual de trabajo

El modelo de simulación de estudio es un sistema dinámico porque cambia el proceso productivo respecto al tiempo y por representarse este sistema mediante un número determinado de observaciones que serán analizadas desde un punto de vista probabilístico obteniendo de esta manera una distribución específica del proceso.

3.8.1 Estudio de la simulación para la situación actual de trabajo

Los pasos para realizar el estudio de la simulación son:

- Definición del sistema. - El sistema actual de simulación es analizado mediante la variable independiente que son procesos de producción que se aplican en cada puesto de trabajo mediante los recursos utilizados en la sección asientos de la compañía.
- Modelo de simulación base. - La simulación del sistema de producción actual se realiza mediante el concepto de modelo de eventos discretos, por el análisis estadístico que se realiza de los diferentes eventos del sistema productivo.
- Recolección y análisis de datos. - Se efectuó mediante el estudio de tiempos en cada actividad del proceso, obteniendo 22 observaciones de cada elemento conformado para obtener el juego completo de 47 asientos. De esta manera se obtiene una mejor apreciación real del proceso productivo.

En la Tabla 10-3. se muestran el registro de tiempos en minutos correspondiente a la elaboración de la oreja, obteniendo la media \bar{x} y desviación estándar (σ). Los datos de los demás elementos se encuentran en el ANEXO H.

Tabla 10-3. Datos de análisis para obtener la oreja en la producción actual de asientos

Obs.	Transp.	Cizalla Automática	Transp.	Troqueladora	Transp.	Ensamble 1	Total
1	0.67	58.83	0.13	16.39	0.4	34.38	110.8
2	0.65	58.53	0.14	14.06	0.36	34.22	107.96
3	0.67	58.3	0.14	15.84	0.36	34.78	110.09
4	0.67	59.7	0.16	14.86	0.35	34.57	110.31
5	0.65	61.55	0.16	15.52	0.35	34.57	112.8
6	0.68	60.69	0.16	15.24	0.37	34.1	111.24
7	0.68	60.79	0.15	14.38	0.41	34.8	111.21
8	0.66	61.62	0.14	14.07	0.35	34.08	110.92
9	0.68	58.93	0.13	15.79	0.41	34.93	110.87
10	0.67	58.1	0.15	16.36	0.39	34.68	110.35
11	0.67	58.32	0.14	14.22	0.39	34.51	108.25

12	0.68	61.8	0.14	16.03	0.41	34.23	113.29
13	0.65	58.22	0.14	15.68	0.4	34.01	109.1
14	0.67	61.96	0.17	14.72	0.41	34.45	112.38
15	0.65	61.51	0.16	15.26	0.38	34.5	112.46
16	0.68	60.9	0.14	15.3	0.4	34.77	112.19
17	0.66	61.7	0.14	13.58	0.39	34.52	110.99
18	0.65	59.61	0.14	13.5	0.38	34.49	108.77
19	0.67	60.16	0.15	15.78	0.41	34.24	111.41
20	0.68	61.31	0.13	14	0.45	34.95	111.52
21	0.68	58.33	0.14	13.95	0.39	34.38	107.87
22	0.68	59.2	0.14	15.41	0.45	34.76	110.64
\bar{X}	0.67	60.00	0.15	15.00	0.39	34.50	110.70
σ	0.01	1.41	0.01	0.90	0.03	0.27	1.54

Realizado por: Luis Guilcapi

- Análisis de los datos. - El análisis del sistema productivo se realiza mediante la herramienta estadística Stat:Fit del programa de simulación ProModel.

Si realizamos un número determinado de replicaciones u observaciones requeridas mediante el tamaño de muestra respectivo de cada actividad realizada, entonces podemos calcular la media, la varianza y los gráficos estadísticos de distribución que el programa nos entrega automáticamente.

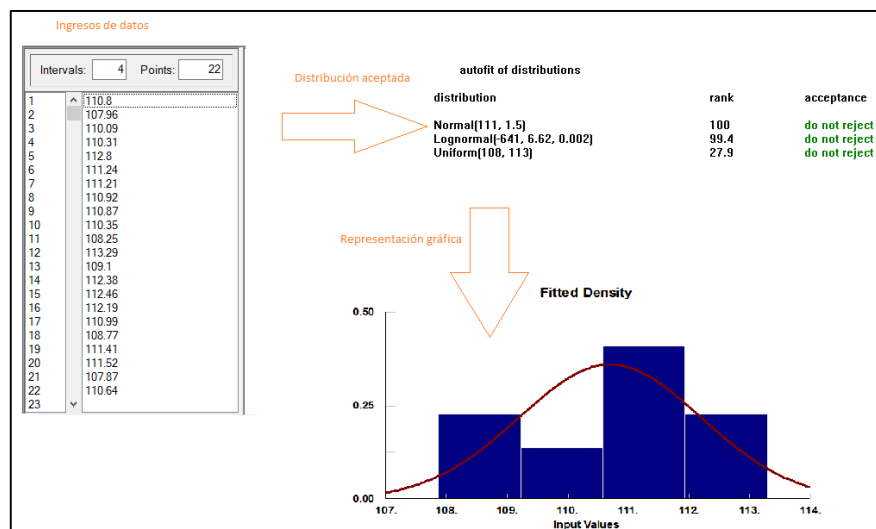


Figura 12-3. Análisis de la distribución normal en Stat:Fit
Realizado por: Luis Guilcapi

3.8.2 Generación de modelo preliminar de simulación

Una vez recopilada la información necesaria de todos los recursos utilizados, se procede a elegir el tipo de distribución más adecuada a la real.



Figura 13-3. Diseño actual de la sección asientos
Realizado por: Luis Guilcapi

La generación del modelo de distribución actual nos otorga todos los datos y gráficos estadísticos de los recursos utilizados en la distribución actual para producir el juego completo de asientos como son: porcentajes utilizados en mano de obra, porcentajes de producción en cada puesto de trabajo, etc., estos resultados son producidos automáticamente mediante el visor de salida que mismo software entrega. Los gráficos correspondientes a la programación de recursos, locaciones, entidades, programación del proceso. Se encuentran en el ANEXO I.

3.8.3 Validación y verificación del modelo

Se valida el modelo se realiza mediante la distribución de probabilidad de los datos históricos obtenidos mediante la toma de datos de la investigación de campo realizado en la sección crítica.

3.8.3.1 Prueba Chi-cuadrada

Los datos obtenidos son las 22 observaciones realizadas en el ciclo de trabajo de la tabla 28, que trata sobre el análisis para obtener la oreja en la producción actual de asientos y se presentan a continuación:

110.8	111.24	108.25	112.19	107.87
107.96	111.21	113.29	110.99	110.64
110.09	110.92	109.1	108.77	
110.31	110.87	112.38	111.41	
112.8	110.35	112.46	111.52	

El nivel de confianza del 95% por lo tanto α es 5%, con una $\bar{X} = 110.70$ y $S^2 = 1.537$, estableciéndose los parámetros de estimación de la distribución normal con $\mu = 110.70$ y $\sigma^2 = 1.537$, y así podemos generar la hipótesis:

$$H_0: \text{Normal } (\mu = 110.70 \text{ y } \sigma^2 = 1.537)$$

$$H_1: \text{Otra distribución}$$

Por tener 22 resultados, se dividirá la muestra en 4 clases ($m = \sqrt{32}$), entonces se calculará la probabilidad de cada intervalo para una distribución normal mediante la tabla de probabilidades acumuladas para la variable normal estándar $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$.

Tabla 11-3. Cálculo de frecuencias para la construcción de la codera lateral

<i>Número de Intervalos</i>	<i>Intervalos</i>	<i>O_i</i>	<i>e_i</i>	$\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$
1	107.87 - 109.225	4	5.5	0.41
2	109.225 - 110.58	4	5.5	0.41
3	110.58 - 111.935	9	5.5	2.23
4	111.935 - 113.29	5	5.5	0.05
	TOTAL	22		3.09

Realizado por: Luis Guilcapi

Por lo tanto el valor de prueba es $X^2 = 3.09$, y dado que el valor de significancia es $\alpha = 5\%$, el valor crítico $X^2_{0.95,3} = 7.815$. entonces como resultado, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, se puede asumir que los datos se distribuyen normalmente.

3.8.3.2 Prueba de Chi-cuadrado mediante Stat::Fit

Para realizar la verificación directamente de la propuesta de distribución, se realizan las pruebas correspondientes en el programa Stat::Fit, la figura 26, muestra la media y desviación estándar que arroja automáticamente el programa, además se obtiene la prueba realizada del Chi Cuadrado.

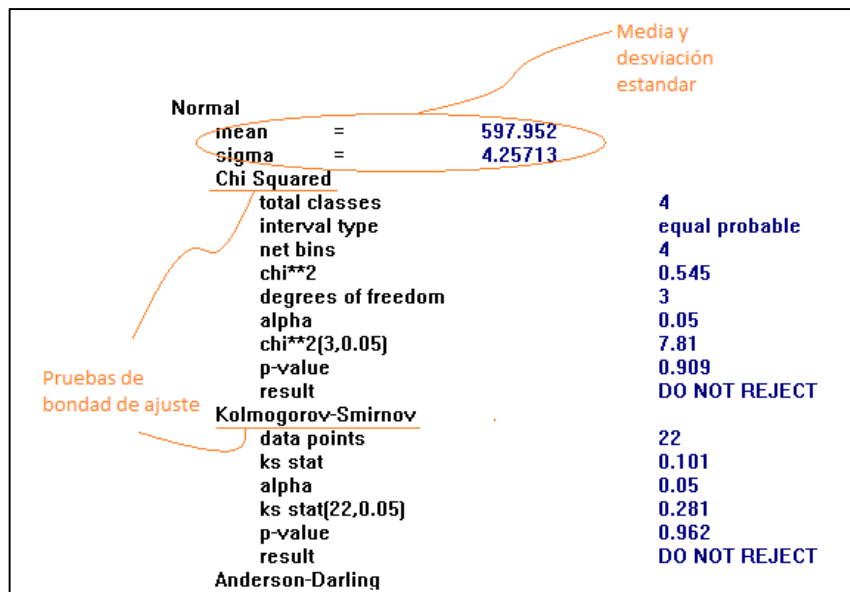


Figura 14-3. Verificación probabilística de los datos realizados mediante el software Stat::Fit

Realizado por: Luis Guilcapi

Como se puede observar en la figura 26, los datos obtenidos son exactamente igual a los ya calculados manualmente. Finalmente podemos corroborar que la hipótesis nula es aceptada.

3.9 Propuesta de optimización del proceso productivo

Después del análisis elaborado en cada una de las actividades, se realizó un nuevo diseño que se basa en desarrollar nuevos métodos y técnicas idóneas para obtener los resultados esperados en la nueva línea de producción. La propuesta está orientada bajo las siguientes mejoras:

3.9.1 Eliminar las actividades innecesarias en la nueva línea de producción

Se eliminan las demoras por realizar el mantenimiento correctivo que realizan los operarios en los puestos de trabajo, los estancamientos más visibles son en el puesto de ensamble 1 y ensamble 2. Esto es debido al tiempo que ocupan los operarios en realizar el mantenimiento correctivo de las máquinas y herramientas que utilizan continuamente. Se debe realizar un mantenimiento preventivo en las horas previamente establecidas para esta actividad en todas las máquinas y herramientas de la sección. De esta forma se logra eliminar 102 minutos en la nueva línea de producción, a su vez se mantienen las máquinas en mejores condiciones y se alargan la vida útil de las mismas.



Figura 15-3. Demoras por mantenimiento correctivo
Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Se eliminan las demoras producidas por mala distribución de herramientas y maquinas en los puestos de trabajo. En la nueva línea de producción el operario debe tener las herramientas disponibles para realizar todas las actividades necesarias para conformar los distintos elementos. Con esta modificación se elimina un tiempo de 231 minutos de inactividad por búsqueda de herramientas.



Figura 16-3. Demoras por búsqueda de herramientas
Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Además, mediante este análisis se eliminan 321 minutos de las actividades producidas por preparar los puestos de trabajo mal distribuidos y máquinas dañadas. De esta forma los operarios realizan directamente las actividades designadas a cada puesto de trabajo en la nueva línea de producción.

Cambiar la distribución de los puestos de trabajo. - Se cambiaron todos los puestos de trabajo a una nueva línea de producción para de esta forma mantener un trabajo sin estancamientos, y con mayor fluidez.

Simplificar las actividades. - Las actividades son simplificadas en la nueva línea de producción, gracias a la utilización de la troqueladora y la cortadora vertical. Mediante este análisis las actividades para producir medias lunas pisaderas, ganchos, platinas de soporte, el corte de esponjas y telas los tiempos en estas actividades son reducidas notablemente.

- La troqueladora permanece en la sección de máquinas, por este motivo es necesario trasladarle a la nueva sección de asientos y utilizarla para producir las orejas y los demás elementos.



Figura 17-3. Troqueladora para la sección de asientos
Fuente: CORPMEGABUSS CIA. LTDA.

Tabla 12-3. Especificaciones técnicas de la troqueladora

Troqueladora o Balancín con carreras tensoras. Folio: V172 BLISS	
Capacidad: 60 Ton	País de Origen: USA
Mesa: 22" x 32"	Motor: 3 Hp
Carrera: 3"	Voltaje: 220
Corte: 1/8- 13/16"	Voltaje con conversión: Si
Ajuste: 3-1/2"	Voltaje en transformador: 220 y 440 volts
Luz: 12-1/4"	Peso de la maquina: 10,000 lbs
Garganta: 11"	Dimensiones de la maquina:
Distancia del suelo la mesa:36"	Largo: 62"
Clutch: cuna	Ancho: 74"
Golpes por minuto: 30 a 40 aprox.	Alto: 11
Sistema: Mecánico	

Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

- La cortadora de tela vertical se propone su uso por obtener una ayuda de esta máquina, se logra remplazar la actividad de cortar manualmente cada tela y esponjas por un corte semiautomático más rápido y de mejor precisión. Mediante la incorporación de esta máquina se obtiene una mejor productividad en la nueva línea de producción.



Figura 18-3. Cortadora vertical para la sección asientos
Fuente: www.singer.com.mx

3.9.2 Características

- Base de perfil bajo, pulido y afilado para disminuir la fricción y distorsión.
- Manejo simple de la máquina por su bajo centro de gravedad y óptima relación potencia y peso.
- Sistema concentrado de lubricación y de uso sencillo.
- Sistema de enfriamiento a base de aire por succión en la parte trasera de la máquina.
- Afilador automático integrado de accionamiento sencillo.
- El precio es de 541.40 dólares.

Tabla 13-3. Especificaciones técnicas de la cortadora de tela

Modelo: 960C-5xxB	Características
Potencia	550 W
Tensión	110 - 220 V
Tamaño del cuchilla	8 pulgadas
Capacidad de corte	160 mm
Velocidad	2,800 - 3,400 rpm
Cuchilla	Acero rápido de alta velocidad
Peso	22.05 lb

Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Esta máquina es profesional para el corte de tela con cuchilla vertical, es diseñado para el corte de algodón, lana, seda, esponjas, sintéticos y otros. Tiene una base de acero inoxidable y rodillos en la parte inferior que ayuda al desplazamiento de la máquina sobre la mesa.


Las maquinas implementadas deben cumplir con las normas de seguridad para el trabajo:

- Se recomienda el uso de guantes de malla de acero durante el funcionamiento de estas máquinas.
- La instalación eléctrica debe ser aérea.
- Observar que el lugar de trabajo esté limpio de polvo y residuos.
- Aplicar la norma vigente del reglamento interno de seguridad y salud del trabajo de la Compañía CORPMEGABUSS CIA Ltda.

3.10 Estudio de tiempos de producción con la nueva propuesta de optimización

Este análisis es realizado con respecto a los elementos que se conforman en cada puesto de trabajo y con los mismos tiempos que no pudieron ser eliminados.

Tabla 14-3. Registro de tiempos por actividad del método propuesto

ESTUDIO DE TIEMPOS			
EMPRESA:	DEPARTAMENTO:	MÉTODO:	REALIZADO POR:
CORPMEGABUSS CIA. LTDA.	Producción	Propuesto	Luis Guilcapi
	SECCIÓN:	TIPO DE CRONOMETRAJE:	COMPROBADO:
	Asientos	Regreso a cero	Evans Vargas
	OPERARIOS:	TIEMPO TRANSCURRIDO:	HOJA N°:
	7 personas	10279.98 min	1 de 1
	PRODUCTO/PIEZA:	UNIDADES DE MEDIDA:	FECHA:
	Juego de asientos	Minutos	2016-11-14
N°	ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	T.O. (Minutos)	T.O. (Horas)
1	Orejas	55.7	0.93
2	Codera Lateral	229.6	3.83
3	Escuadra	135.08	2.25
4	Codera Central	112.02	1.87
5	Tubo Redondo	13.05	0.22
6	Tubo Cuadrado	30	0.50
7	Platina Escuadra	37.42	0.62
8	Platina Central	22.32	0.37
9	Refuerzos	71.03	1.18
10	Estructura Base	417.8	6.96
11	Silla del Chofer	438	7.30
12	Espaldar	555.4	9.26
13	Pata	328.12	5.47
14	Media Luna	170.8	2.85
15	Pisadera	209.87	3.50
16	Gancho	76.93	1.28
17	Porta Bandeja	1258.23	20.97
18	Estructura Móvil	283.83	4.73
19	Ángulo Principal	160.67	2.68
20	Estructura Armada	179.95	3.00
21	Palanca	549.8	9.16
22	Platina Soporte	147.53	2.46
23	Estructura Rematada	1558.7	25.98
24	Tapizado	1356.33	22.61
25	Estructura Tapizada	1881.8	31.36
	Total	10279.98	171.33

Realizado por: Luis Guilcapi

3.11 Análisis del tiempo estándar mediante la propuesta de optimización.

El análisis de calificación del operario es basado en el estudio de campo, con las mismas consideraciones para añadir la calificación a cada actividad mediante el factor de valoración y suplementos recomendadas por la norma británica. Como en el caso anterior se cambia de unidades de tiempo a horas para mejorar la comparación de resultados.

Tabla 15-3. Registro de tiempos estándar por actividad del método propuesto

ESTUDIO DEL TIEMPO ESTÁNDAR						
MÉTODO:	EMPRESA:			REALIZADO POR:		
Propuesto	CORPMEGABUSS CIA. LTDA.			Luis Guilcapi		
DEPARTAMENTO:				COMPROBADO:		
Producción				Evans Vargas		
SECCIÓN:	TIPO DE CRONOMETRAJE:			HOJA N°:		
Asientos	Regreso a cero			1 de 1		
PRODUCTO:	TIEMPO TRANSCURRIDO:			FECHA:		
Juego de asientos	192.45 horas			2016 – 11 - 14		
N°	ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	T.O	F.V	T.N	S.	T.S.
1	Orejas	0.93	1.00	0.93	1.11	1.03
2	Codera Lateral	3.83	1.00	3.83	1.11	4.25
3	Escuadra	2.25	1.00	2.25	1.11	2.50
4	Codera Central	1.87	1.00	1.87	1.11	2.07
5	Tubo Redondo	0.22	1.00	0.22	1.11	0.24
6	Tubo Cuadrado	0.50	1.00	0.50	1.11	0.56
7	Platina Escuadra	0.62	1.00	0.62	1.11	0.69
8	Platina Central	0.37	1.00	0.37	1.11	0.41
9	Refuerzos	1.18	1.00	1.18	1.11	1.31
10	Estructura Base	6.96	1.00	6.96	1.15	8.01
11	Silla del Chofer	7.30	1.00	7.30	1.11	8.10
12	Espaldar	9.26	1.00	9.26	1.11	10.27
13	Pata	5.47	1.00	5.47	1.11	6.07
14	Media Luna	2.85	1.00	2.85	1.11	3.16
15	Pisadera	3.50	1.00	3.50	1.11	3.88
16	Gancho	1.28	1.00	1.28	1.11	1.42
17	Porta Bandeja	20.97	1.00	20.97	1.15	24.12
18	Estructura Móvil	4.73	1.00	4.73	1.15	5.44
19	Ángulo Principal	2.68	1.00	2.68	1.11	2.97
20	Estructura Armada	3.00	1.00	3.00	1.15	3.45
21	Palanca	9.16	1.00	9.16	1.11	10.17
22	Platina Soporte	2.46	1.00	2.46	1.11	2.73
23	Estructura Rematada	25.98	1.00	25.98	1.15	29.88
24	Tapizado	22.61	1.00	22.61	1.09	24.64
25	Estructura Tapizada	31.36	1.00	31.36	1.15	36.07
	TOTAL	171.33		171.33		192.45

Realizado por: Luis Guilcapi

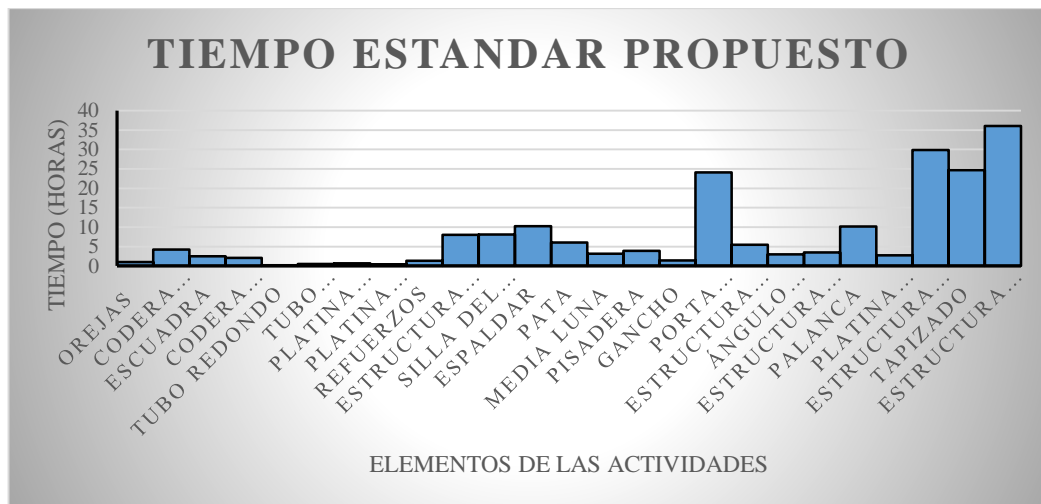


Gráfico 3-3. Tiempo estándar propuesto
Realizado por: Luis Guilcapi

Con la optimización de procesos, se obtuvo un tiempo total de producción de 193.45 horas, con el método actual el tiempo de producción es 332.37 horas, analizando los dos métodos se comprueba que existe una reducción de 138.94 horas es decir el tiempo disminuye en un 41.8%, por lo tanto, la optimización propuesta queda aceptada. De esta forma el juego completo de asientos está listo para ser ensamblado a la carrocería, logrando eliminar el cuello de botella que se producía constantemente al pasar la carrocería por la sección asientos.

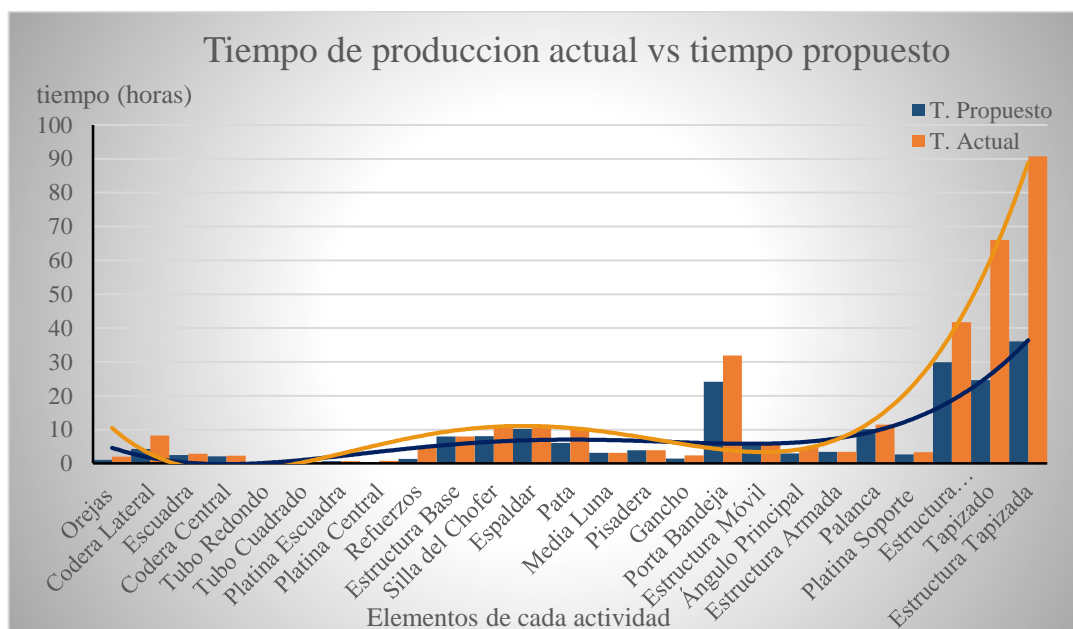


Gráfico 4-3. Tiempo estándar actual y propuesto
Realizado por: Luis Guilcapi

Como se observa en el Gráficos 32, con la propuesta de optimización existe una disminución significativa en el tiempo estándar de producción, y finalmente se puede considerar al proceso propuesto como óptimo.

Tabla 16-3. Tiempo estándar propuesto de cada actividad

Nº	ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	T.S.
1	Orejas	0.15
2	Codera Lateral	0.61
3	Escuadra	0.36
4	Codera Central	0.30
5	Tubo Redondo	0.03
6	Tubo Cuadrado	0.08
7	Platina Escuadra	0.10
8	Platina Central	0.06
9	Refuerzos	0.19
10	Estructura Base	1.14
11	Silla del Chofer	1.16
12	Espaldar	1.47
13	Pata	0.87
14	Media Luna	0.45
15	Pisadera	0.55
16	Gancho	0.20
17	Porta Bandeja	3.45
18	Estructura Móvil	0.78
19	Ángulo Principal	0.42
20	Estructura Armada	0.49
21	Palanca	1.45
22	Platina Soporte	0.39
23	Estructura Rematada	4.27
24	Tapizado	3.52
25	Estructura Tapizada	5.15
Total		27.63H/H

Realizado por: Luis Guilcapi

































































3.11.1 Diagramas de proceso propuestos

En los diagramas de proceso se visualiza las siguientes mejoras:





































Respecto a los almacenajes de herramientas, en la propuesta se ha designado espacios determinados para implementar percheros, estanterías, anaqueles, para dicha función. También los diseños de los puestos de trabajo son configurados en un área más cercana, permitiendo acortar las distancias que existían anteriormente entre los puestos de trabajo.

Al eliminar las operaciones innecesarias, demoras exageradas y tiempos ociosos, disminuye el tiempo de producción y aumenta la productividad. La distribución propuesta en la nueva línea de producción ha permitido disminuir el número de movimientos que existían entre puestos de trabajo durante el proceso de producción. A continuación, se presentan los diagramas de procesos propuestos tipo material para producir la codera lateral, los demás diagramas se los puede ver el ANEXO J.

Figura 19-3. Diagrama de procesos propuesto de la codera lateral

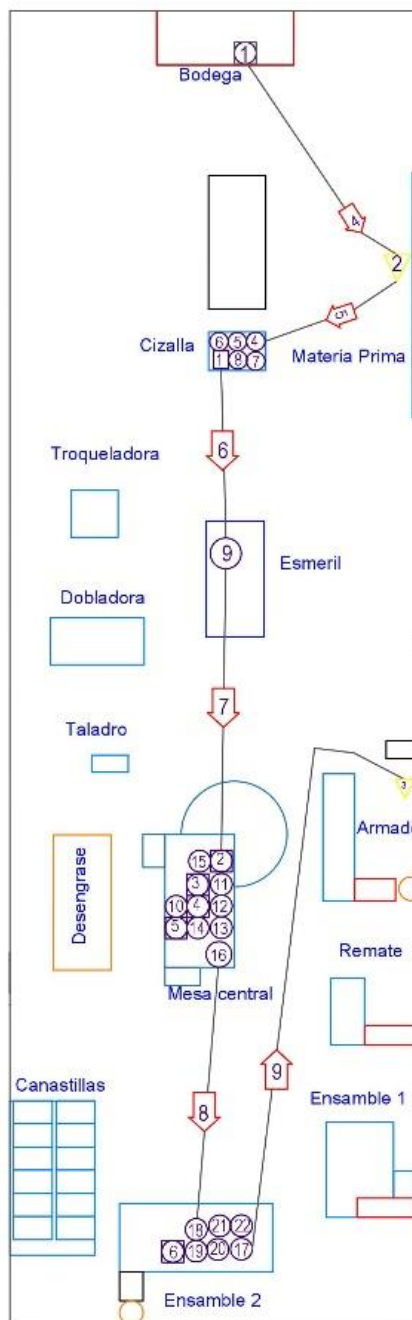
Método Actual							Fecha: 2017 - 09 - 04			
Método Propuesto		X		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (tipo material)			Hecho por: Luis Guilcapi			
SUJETO DEL DIAGRAMA		El diagrama empieza con el transporte de materia prima y finaliza con los 47 asientos totalmente tapizados.					Diagrama N°: 2			
				SECCIÓN: ASIENTOS			Hoja N°: 2 de 47			
DEPARTAMENTO:				ACTIVIDAD:			Número de piezas: 24			
PRODUCCIÓN				FABRICACIÓN DE CODERAS LATERALES			Adjunto: Diagrama de Recorrido			
PARTES	Distancia en metros	Tiempo(min)	Símbolos del Diagrama						Nº	Descripción del Proceso
C O D E R A L A T E R A L		15.00						1	Retirar e inspeccionar la materia prima	
	8.70	5.00						4	Transporte a bodega materia prima	
								2	Almacenamiento de materia prima	
	2.90	0.67						5	Transportar a Cizalla	
		2.50						4	Preparar la máquina para corte a medida establecida	
		4.80						5	Corte del tubo redondo	
		2.80						6	Corta a medidas y pulir	
		0.83						7	Aizar los tubos rectos al tanque	
		8.00						8	Corte de tubos medios	
		5.00						1	Inspección respecto a la matriz	
	6.30	0.83						6	Transportar tubos	
		5.40						9	Pulir esquinas del tubo	
	7.9	0.83						7	Transportar tubos	
		5.00						2	Medir y rayar	
		2.50						10	Preparar la dobladora a medidas	
		1.27						11	Realizar el primer doblado del tubo	
		3.83						3	Medir y rayar	
		2.50						12	Preparar la dobladora con matriz	
		5.00						13	Realizar el segundo doblado del tubo	
		6.80						4	Medir y rayar el tubo	
		17.0						14	Prepara la máquina	
		14.80						15	Dobla el tubo	
		4.00						5	Medir y rayar con plantilla	
		3.00						16	Alineación	
	10.5	1.50						8	Trasporte	
		2.50						17	Prepara el puesto de trabajo	
		18.80						18	Alinear piezas	

Realizado por: Luis Guilcapi

Método Actual								Fecha: 2017 - 09 - 04																																				
Método Propuesto		X		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (tipo material)				Hecho por: Luis Guilcapi																																				
SUJETO DEL DIAGRAMA El diagrama empieza con el transporte de materia prima y finaliza con los 47 asientos totalmente tapizados.								Diagrama N°: 2																																				
				SECCIÓN: ASIENTOS				Hoja N°: 3 de 47																																				
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN				ACTIVIDAD: FABRICACIÓN DE CODERAS LATERALES				Número de piezas: 24 Adjunto: Diagrama de Recorrido																																				
PARTES	Distancia en metros	Tiempo(min)	Símbolos del Diagrama				N°	Descripción del Proceso																																				
C O D E R A L A T E R A L		19.20						19	Ensambla las 2 piezas																																			
		32.80						20	Coloca el tubo recto y dos piezas a ensamblar																																			
		10.00						21	Ensambla el tubo																																			
		8.80						22	Remata el conjunto																																			
		19.47						6	Pulido y alineación																																			
	15.0	0.17						9	Transportar																																			
								3	Almacenamiento.																																			
<div><table><tr><th colspan="4">RESUMEN</th></tr><tr><th>Actividad</th><th>Cantidad</th><th>Tiempo (m.)</th><th>Distancia(m)</th></tr><tr><td>Operación</td><td>19</td><td>170.63</td><td></td></tr><tr><td>Transporte</td><td>6</td><td>3.0</td><td>51.3</td></tr><tr><td>Demora</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Almacenaje</td><td>2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Inspección</td><td>1</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td>Combinación</td><td>6</td><td>45.97</td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>34</td><td>229.6</td><td>51.3</td></tr></table><div>3.83 horas</div></div>									RESUMEN				Actividad	Cantidad	Tiempo (m.)	Distancia(m)	Operación	19	170.63		Transporte	6	3.0	51.3	Demora				Almacenaje	2			Inspección	1	4		Combinación	6	45.97		Total	34	229.6	51.3
RESUMEN																																												
Actividad	Cantidad	Tiempo (m.)	Distancia(m)																																									
Operación	19	170.63																																										
Transporte	6	3.0	51.3																																									
Demora																																												
Almacenaje	2																																											
Inspección	1	4																																										
Combinación	6	45.97																																										
Total	34	229.6	51.3																																									

Realizado por: Luis Guilcapi



Método Actual			Fecha: 2017 - 09 - 04
Método Propuesto	X	DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (tipo material)	Hecho por: Luis Guilcapi
SUJETO DEL DIAGRAMA El diagrama empieza con el transporte de materia prima y finaliza con los 47 asientos totalmente tapizados.			Diagrama N°: 2
		SECCIÓN: ASIENTOS	Hoja N°: 4 de 47
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN		ACTIVIDAD: FABRICACIÓN DE CODERAS LATERALES	Número de piezas: 24
			Adjunto: Diagrama de Recorrido



Realizado por: Luis Guilcapi

3.11.2 Resumen para producir 47 asientos mediante la optimización propuesta

Tabla 17-3. Resumen en la producción de asientos, método propuesto

RESUMEN FINAL				
Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Distancia(m)
	237	9520.31	158.67	
	118	355.68	5.93	1826.6
				
	38			
	6	79.10	1.32	
	15	324.89	5.10	
TOTAL	414	10279.98	171.02	1826.6

Realizado por: Luis Guilcapi

3.12 Diagrama de Gantt propuesto

El diagrama fue elaborado mediante el enfoque de estudio de la producción de cada elemento en la nueva línea de producción propuesta.

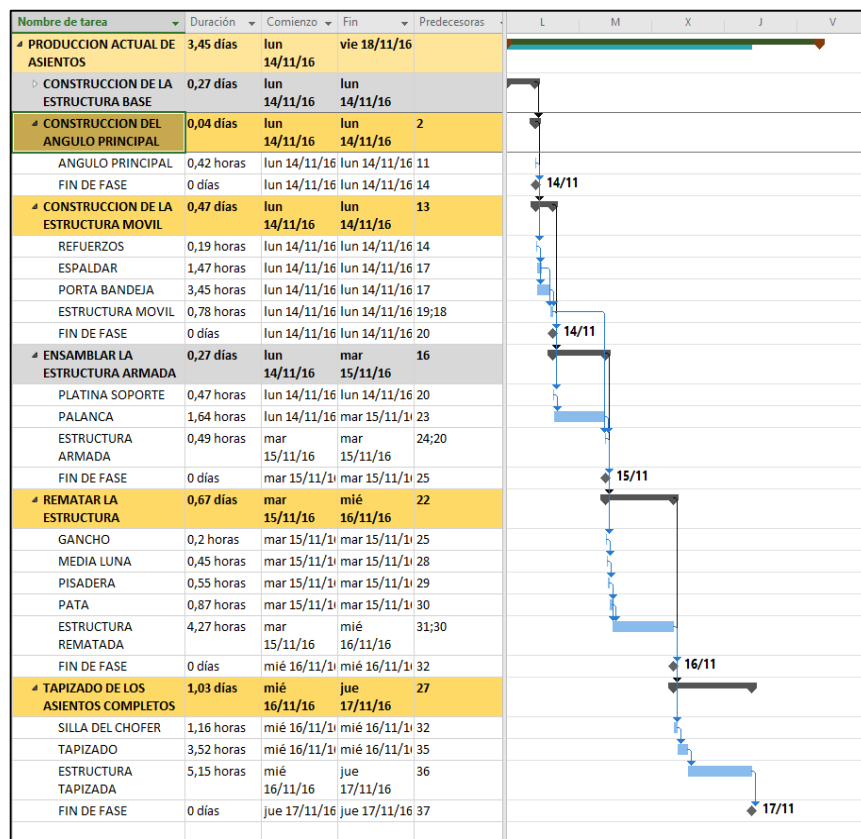


Figura 20-3. Diagrama Gantt optimizado

Realizado por: Luis Guilcapi

3.13 Diagrama PERT CPN

Construcción de la tabla 25 de precedencia de actividades propuestas:

Tabla 18-3. Actividades predecesoras

ELEMENTO DE LA ACTIVIDAD	CLAVE	PREDECESORA	TIEMPO
OREJAS	A	-----	0,15
COERA LATERAL	B	A	0,61
CODERA CENTRAL	C	A	0,30
ESCUADRA	D	B	0,36
TUBO REDONDO	E	C	0,03
TUBO CUADRADO	F	D	0,08
PLATINA CENTRAL	G	E	0,06
PLATINA ESCUADRA	H	F	0,1
ESTRUCTURA BASE	I	G,H	1,14
ANGULO PRINCIPAL	J	I	0,42
REFUERZOS	K	J	0,19
ESPALDAR	L	K	1,47
PORTA BANDEJA	M	K	3,45
ESTRUCTURA MOVIL	N	M,L	0,78
PLATINA SOPORTE	Ñ	J	0,39
PALANCA	O	Ñ	1,45
ESTRUCTURA ARMADA	P	N,O	0,49
GANCHO	Q	P	0,20
MEDIA LUNA	R	P	0,45
PISADERA	S	Q	0,55
PATA	T	R	0,87
ESTRUCTURA REMATADA	U	S,T	4,27
SILLA DEL CHOFER	V	U	1,16
TAPIZADO	W	V	3,52
ESTRUCTURA TAPIZADA	X	W	5,15

Realizado por: Luis Guilcapi

Construcción del diagrama de Pert

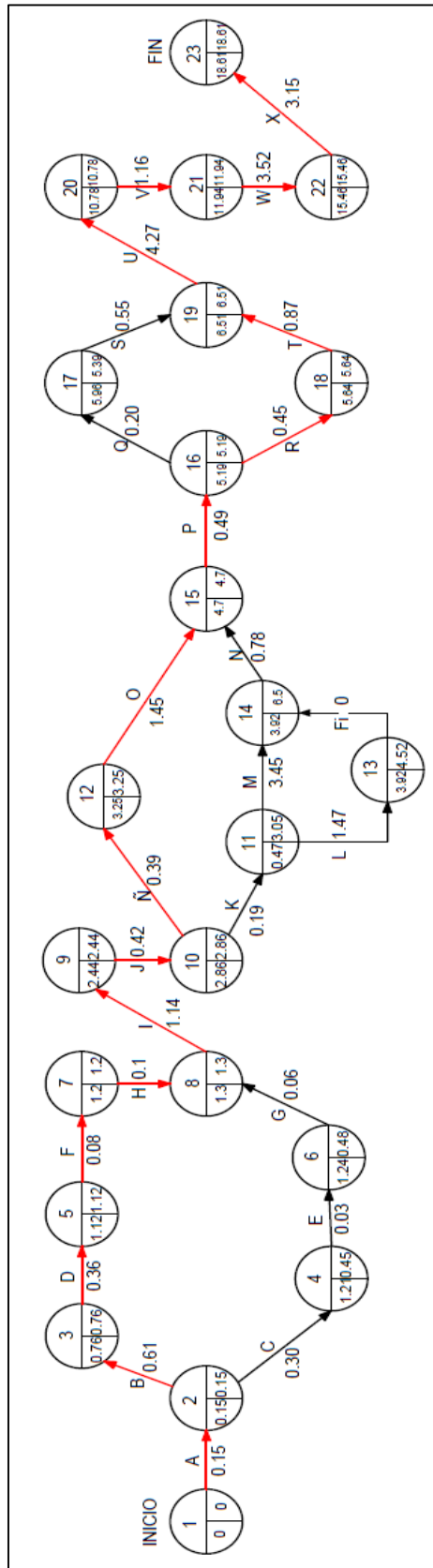


Figura 21-3. Diagrama de Pert de la distribución propuesta
Realizado por: Luis Guilcapi

3.14 Distribución de planta optimizada

La distribución de propuesta fue diseñada bajo los parámetros de producción en línea, con el flujo de trabajo unidireccional.

3.14.1 Factores del diseño de la planta

- Acceso. - Este aspecto si se ha tomado en cuenta ya que la estructura del asiento tiene que estar en movimiento hacia los diferentes puestos de trabajo, y las partes a ensamblar tienen que estar en movimiento.
- Iluminación. - Las frecuencias de accidentes son producidas por la mala iluminación y por consiguiente se ve afectada la productividad. Por lo que es primordial utilizar la iluminación natural y eliminar el mayor número de lámparas.
- Ventilación y calefacción. - La ventilación en la planta es muy escasa por el lugar donde se encuentran los puestos de trabajo y es necesario utilizar el EPP completo para esta sección.
- Servicios. - Los servicios que siempre deben estar en disposición son: la luz, el agua y teléfono. Pero sin embargo es también de vital importancia los servicios de alarma contra incendios, extintores y salidas de emergencia con los cuales la compañía cuenta.
- Eliminación de desperdicios. - Los desperdicios que se generan en la producción son principalmente polvos metálicos, viruta y trozos de metal, los cuales son acumulados en los botes de basura convencional para ser entregados la chatarra.

3.14.2 Análisis de los factores para una buena distribución

- Flexibilidad Máxima. - La planta posee una buena flexibilidad ya que su área de producción cuenta con suficiente espacio, aunque se ve saturado en algunos casos por alguna sección en la línea de ensamble, pero puede tener varias modificaciones en los puestos de trabajo para lograr una mayor eficiencia.
- Utilización máxima del volumen. - Este factor se considera atención para las distintas áreas críticas de almacenamiento del producto terminado (asientos, puertas, estructuras y compuertas) en donde se recomienda siempre, almacenar en sus

respectivas áreas para lograr que el almacenamiento sea más ordenado y ocupe al máximo el espacio designado de cada sección.

- Visibilidad Máxima. - Ya que la compañía es grande y se encuentra dividida en dos galpones, la visibilidad en el día es buena además cuenta con lámparas que funcionan en el día lo que les facilita el trabajo, pero para las jornadas de horas extras o nocturnas la visibilidad es deficiente y existe problema para trabajar.
- Distancia Mínima. - Con la nueva distribución de los puestos de trabajo deben obtener una buena distancia de desplazamiento tanto de materiales como de las personas.
- Accesibilidad máxima. - Todas las áreas y puestos de trabajo serán de fácil acceso tanto para la recepción y entrega de materia prima, para que no exista acumulación de estos en el proceso productivo.
- Flujo unidireccional. - Con la nueva reorganización de los puestos de trabajo se llegará a tener una distribución organizada de los pasillos principales y secundarios. Y también que el flujo del proceso sea totalmente unidireccional.
- Incomodidad mínima. - Hay que atender la necesidad de limpieza y orden de las herramientas, se recomienda la inmediata reorganización técnica de los puestos de trabajo de las demás secciones de ensamble y evitar que este factor incida directamente en el trabajo de los obreros.
- Seguridad inherente. - La compañía tiene un alto riesgo en lo que concierne a seguridad, por lo que se debe estar constantemente revisando que los trabajadores traigan puesto los equipos de protección necesaria. Además, es de vital importancia el contar con un sistema de prevención de incendios y con un número de extintores dispuestos adecuadamente en la planta. También con la señalética adecuada que incite a la seguridad de los obreros además de utilizar los EPP.
- Rutas visibles. - La nueva redistribución tiene el enfoque para realizar una operación más eficaz en cada puesto de trabajo. Este nuevo diseño de redistribución de planta en la sección asientos se muestra más fluido en los nuevos planos de redistribución

3.14.3 Tipo de fabricación

De acuerdo a la producción que se realiza por montaje de piezas es del tipo repetitivo en etapas cabe indicar que a pesar de que se utilice este tipo de producción se la hace bajo pedido de acuerdo a las necesidades que requiera el cliente.

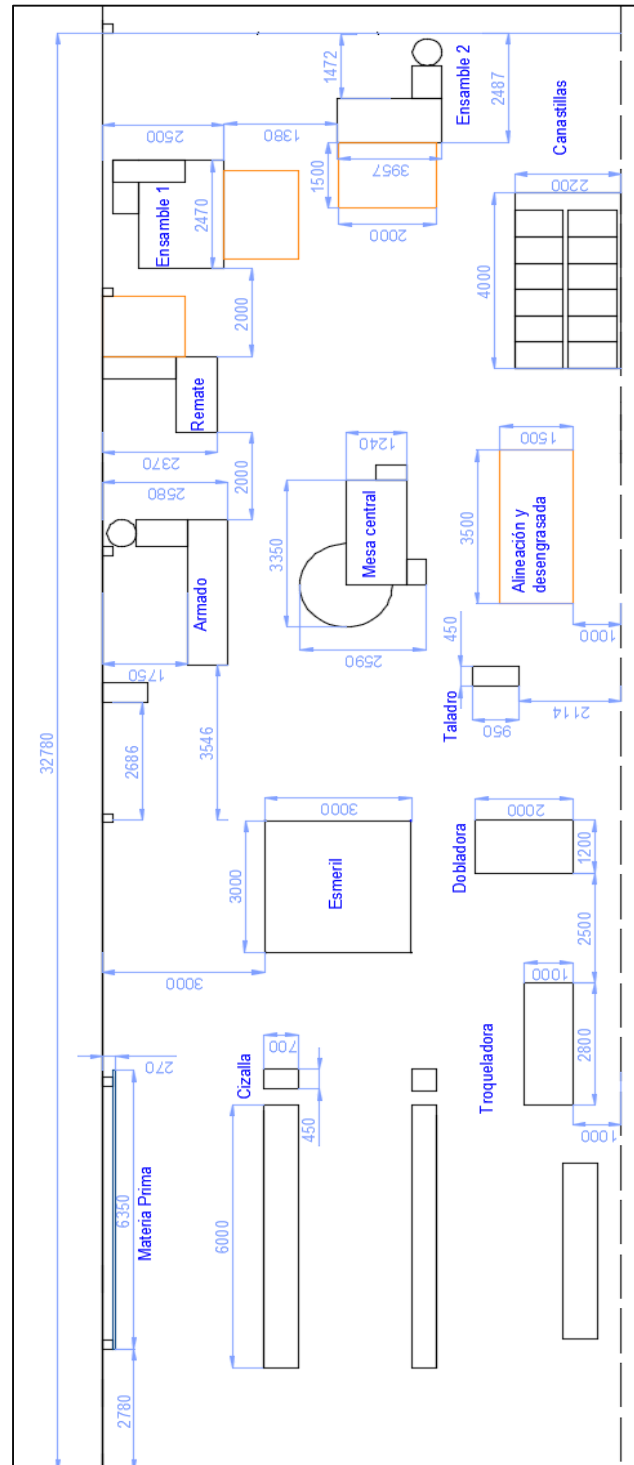


Figura 22-3. Distribución propuesta en la sección de asientos
Realizado por: Luis Guilcapi

3.14.4 Tipo de distribución en la sección asientos

El nuevo diseño de producción tiene una distribución en línea, obteniendo de esta forma un proceso más eficiente, eliminando colas de espera que el material en proceso experimentaba en cada momento.

3.14.5 Planteamiento de las distribuciones parciales

Las distribuciones en cada puesto de trabajo, maquinaria, equipo y el respectivo almacenaje son las siguientes:

Tabla 19-3 Relación de puestos de trabajo

Número	Maquinaria
1	Materia prima
2	Cizalla
3	Troqueladora
4	Esmeril
5	Dobladora
6	Taladro
7	Armado
8	Alineación y desengrasada
9	Mesa central
10	Remate
11	Ensamble 1
12	Ensamble 2
13	Canastillas

Realizado por: Luis Guilcapi

Diagrama de proximidad actual:

El nuevo planteamiento de la distribución actual en los puestos de trabajo muestra con claridad un número menor de puestos de trabajo que representan un flujo de producción óptimo.

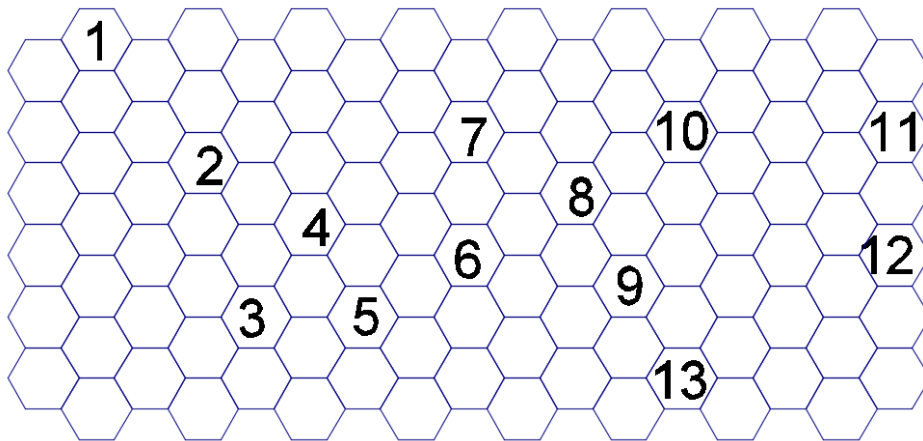


Figura 23-3. Diagrama de proximidad propuesto
Realizado por: Luis Guilcapi

La distribución propuesta ha sido realizada tomando en cuenta todos los parámetros técnicos estudiados, Por lo que determinamos que la distribución se ha semeja a una distribución en “F” siendo el puesto #3 (Armado o ensamble) el puesto más concurrido del diagrama de proximidad CHITEFOL

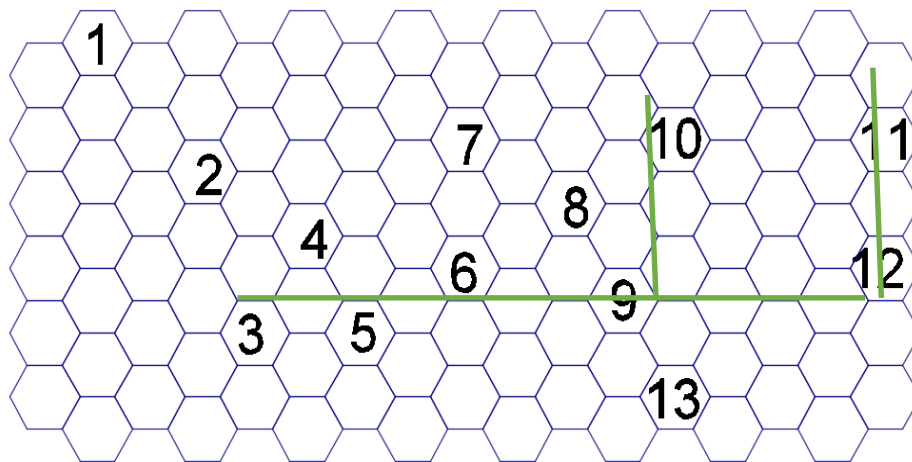


Figura 24-3. Diagrama de proximidad respecto a la forma de ubicación propuesta
Realizado por: Luis Guilcapi

3.14.6 Diagrama del recorrido de materiales en la distribución final.

Los Diagramas de recorrido de materiales para la producción del juego completo de asientos se detallan a continuación, mientras que los diagramas de recorrido independientes de las etapas de producción de los distintos elementos de cada actividad se pueden observar en el ANEXO J.

8	Alineación y desengrasada	1,45	2,60	3,85	10,01	0,80	10,81
9	Mesa central	1,35	0,40	0,70	0,28	0,80	1,08
10	Remate	2,50	1,50	1,60	2,40	0,80	3,20
11	Ensamble 1	2,00	1,05	3,00	3,15	0,80	3,95
12	Ensamble 2	2,05	1,00	1,50	1,50	0,80	2,30
13	Canastillas	2,10	2,74	2,55	6,99	0,75	7,74
		Área (1) Requerida				84,81	

ÁREA 2

	Pasillos	Longitud	Ancho	Áreas
PRINCIPALES	1	15,80	1,00	15,80
	2	15,80	2,50	39,50
	3	13,40	2,00	26,80
	4	14,00	1,20	16,80
	5	8,20	1,30	10,66
SECUNDARIOS	1	14,00	1,50	21,00
	2	15,00	1,70	25,50
		Área (2) Requerida (m²)		156,06

ÁREA TOTAL

ÁREA (1)	ÁREA (2)	ÁREA TOTAL
84.81	156.06	240.87

Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Realizado por: Luis Guilcapi

3.15 Simulación de la distribución propuesta

El modelo de simulación para optimizar los procesos en la sección de estudio, se realizó un sistema dinámico con el estudio basado en la distribución normal, siendo esta seleccionada por ser la que acepta en el proceso de producción.

3.15.1 Modelo de simulación propuesta

La simulación del sistema de producción propuesta se realiza mediante el concepto de modelo actual, poniendo énfasis en la nueva distribución de planta.

3.15.2 Recolección y análisis de datos

La recolección de datos se efectuó mediante el estudio de tiempos estándar propuesto de cada actividad del proceso, obteniendo 22 observaciones de cada elemento conformado con el método actual, esto se basa que son los mismos puestos de trabajo y las mismas actividades realizadas, pero con la variabilidad de que se eliminaron actividades y se recortaron distancias de recorrido. De esta manera se obtiene una mejor apreciación real del proceso propuesto productivo. Las demás tablas que complementan todo el proceso productivo se encuentran en el ANEXO K.

Tabla 21-3. Datos de análisis para obtener la oreja en la producción propuesta

Obs.	Transp.	Cizalla Automática	Transp.	Troqueladora	Transp.	Ensamble 1	Total
1	0.67	58.83	0.13	16.39	0.4	34.38	110.8
2	0.65	58.53	0.14	14.06	0.36	34.22	107.96
3	0.67	58.3	0.14	15.84	0.36	34.78	110.09
4	0.67	59.7	0.16	14.86	0.35	34.57	110.31
5	0.65	61.55	0.16	15.52	0.35	34.57	112.8
6	0.68	60.69	0.16	15.24	0.37	34.1	111.24
7	0.68	60.79	0.15	14.38	0.41	34.8	111.21
8	0.66	61.62	0.14	14.07	0.35	34.08	110.92
9	0.68	58.93	0.13	15.79	0.41	34.93	110.87
10	0.67	58.1	0.15	16.36	0.39	34.68	110.35
11	0.67	58.32	0.14	14.22	0.39	34.51	108.25
12	0.68	61.8	0.14	16.03	0.41	34.23	113.29
13	0.65	58.22	0.14	15.68	0.4	34.01	109.1
14	0.67	61.96	0.17	14.72	0.41	34.45	112.38
15	0.65	61.51	0.16	15.26	0.38	34.5	112.46
16	0.68	60.9	0.14	15.3	0.4	34.77	112.19
17	0.66	61.7	0.14	13.58	0.39	34.52	110.99
18	0.65	59.61	0.14	13.5	0.38	34.49	108.77
19	0.67	60.16	0.15	15.78	0.41	34.24	111.41
20	0.68	61.31	0.13	14	0.45	34.95	111.52
21	0.68	58.33	0.14	13.95	0.39	34.38	107.87
22	0.68	59.2	0.14	15.41	0.45	34.76	110.64
\bar{x}	0.67	60.00	0.15	15.00	0.39	34.50	110.70
σ	0.01	1.41	0.01	0.90	0.03	0.27	1.54

Realizado por: Luis Guilcapi

Análisis de los datos del sistema productivo mediante la herramienta estadística complementaria Stat:Fit del software ProModel.

3.15.3 Generación del modelo preliminar propuesto de simulación

Una vez recopilada la información necesaria de todos los recursos utilizados, se procede a esquematizar la distribución más óptima.

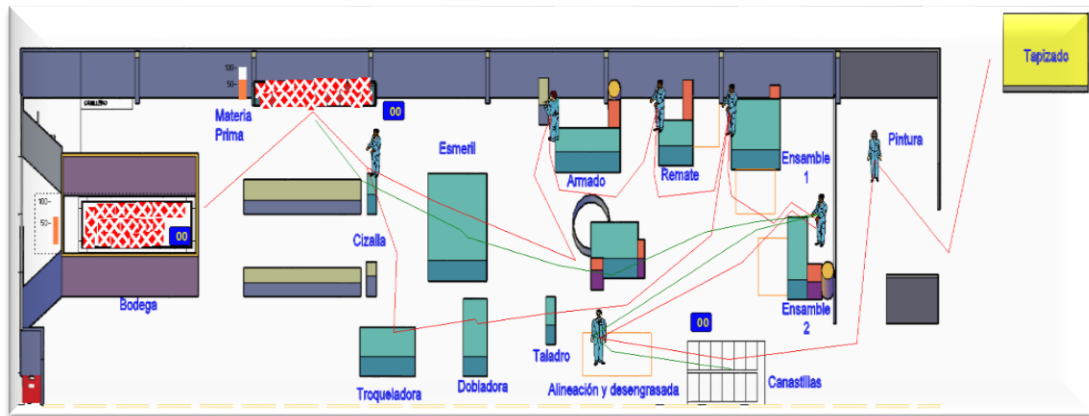


Figura 26-3. Layout propuesto de la sección asientos
Realizado por: Luis Guilcapi

La generación del modelo de distribución actual nos arroja todos los datos mediante el mismo software. Los gráficos correspondientes a la programación de recursos, locaciones, entidades, programación del proceso, etc. ANEXO L.

3.15.4 Análisis estadístico

La medida total de variabilidad esta expresa por lo general en la forma de un intervalo de confianza a un determinado nivel. La longitud de este intervalo de confianza es aceptable ya que los resultados muestrales nos arrojan una aceptación que rodea el 95% respecto a la distribución normal.



Gráfico 5-3. Porcentaje de operación en cada locación
Realizado por: Luis Guilcapi

Se realizó un análisis de los puestos de trabajo de la producción de asientos con un tiempo de trabajo de 8 horas, durando todo el proceso 21.15 horas trabajadas para producir el juego de asientos completo. Este resultado es aproximado al resultado que se obtuvo mediante el estudio del tiempo estándar, para producir los mismos asientos que tienen una duración de 27.63 horas.



Gráfico 6-3. Porcentaje de tiempo que trabajaron los cinco operarios
Realizado por: Luis Guilcapi

El análisis de los gráficos se lo realiza en forma el porcentaje del tiempo que los operarios permanecen activos en la línea de producción propuesta. Este resultado nos brinda un claro panorama de cómo cada operario va a trabajar, y mediante este análisis se puede asignar con mayor exactitud las actividades que deben realizar en la nueva línea de producción y poder equilibrar el sistema más directamente mediante los distintos resultados que obtenemos al realizar los pre diseños de distribución de planta.

3.16 Análisis de los costos de producción

Con el fin de obtener la rentabilidad económica que podría producir el método de trabajo propuesto, se realiza un análisis de costos para saber si existe o no un incremento considerable de los beneficios. Para lo cual se analizan los costos de producción cuando se aplica el método actual y propuesto.

3.16.1 Costos Actuales

Para determinar los costos actuales de producción se solicitó a la gerencia de la empresa los datos necesarios para calcular el costo de producción unitario para un juego de 47 asientos de una carrocería estándar modelo MEGABUSS 700. El detalle de los datos obtenidos se encuentra en el ANEXO M.

Debido a una mejor aplicabilidad en el proyecto de optimización se logró clasificar a los costos según la identificación con el producto, es decir el costo unitario de producción es

igual a la sumatoria de los costos directos más los costos indirectos y más los gastos de distribución.

$$\mathbf{C.U.P. = C.D. + C.I. + G.D.}$$

C.U.P = Costo unitario de producción.

C.D = Costos directos.

C.I = Costos indirectos

G.D = Gastos de distribución.

El análisis comparativo de costos de producción inicialmente es analizado desde el punto de vista actual.

Tabla 22-3. Costos de producción actuales en la fabricación de asientos para una carrocería.

Costos directos	USD
Materia prima directa	4255.43
Mano de obra directa	786.12
Total	5041.55
Costos indirectos	
Mano de obra indirecta	425.07
Otros indirectos	1324.07
Total	1749.13
Gastos de distribución	
Gastos administrativos	400.00
Gastos financieros	4.21
Gastos de ventas	100.00
Total	504.21
Total costo unitario de producción = C.D. + C.I. + G.D.	7294.89
Número de juegos de asientos producidos mensualmente	4
Costo de producción mensual	29179.55

Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Realizado por: Luis Guilcapi

3.16.2 Costos mediante la propuesta de optimización

Los valores registrados en la tabla de costos mensuales de producción con la optimización de procesos son presentados a continuación.

Tabla 23-3. Costos de producción propuesta en la fabricación de asientos para una carrocería.

Costos directos	USD
Materia prima directa	4255.43
Mano de obra directa	328.65
Total	4584.08
Costos indirectos	
Mano de obra indirecta	425.07
Otros indirectos	1324.07
Total	1749.13
Gastos de distribución	
Gastos administrativos	400.00
Gastos financieros	4.21
Gastos de ventas	100.00
Total	504.21
Total costo unitario de producción = C.D. + C.I. + G.D.	6837.42
Número de juegos de asientos producidos mensualmente	4
Costo de producción mensual	27349.68

Fuente: CORPMEGABUSS CÍA. LTDA.

Realizado por: Luis Guilcapi

Con la situación actual la empresa en mano de obra directa invierte **786.12 dólares** en un juego de asientos, con la propuesta de optimización los tiempos de labor el precio por la mano de obra bajaría a **457.47 dólares**; por lo tanto, se obtendría una diferencia o beneficio de **328.65 dólares** además se eliminan las horas extraordinarias y suplementarias, ya que en la propuesta de optimización de procesos se cumple la jornada laboral de 8 horas diarias, mas no de 9.5 horas de jornada laboral de trabajo.

Además, mensualmente se construyen aproximadamente 4 juegos al mes con un costo de producción igual a **29179.55 dólares**, con la optimización de procesos tendrá un costo de **27349.68 dólares** mensuales, produciendo un ahorro para la compañía de **1829.87 dólares** al mes. También con la propuesta la compañía construirá 6 juegos mensuales de asientos para el modelo de carrocería MEGABUSS 700, el CUP actual seria de **43769.34 dólares** y con la propuesta tiene un costo de **40367.22 dólares** por lo que mediante la optimización de procesos la compañía además tendrá una rentabilidad de **3402.12 dólares**.

3.16.3 Índices de productividad

Con el fin de evaluar el método propuesto y compararlo con el método actual se analizan los índices de productividad. Para ello se toma en cuenta la situación actual y propuesta de producción con sus respectivos recursos utilizados. La compañía actualmente tiene en la sección de asientos a 7 operarios, trabajando 9.5 horas diarias, con un costo de nómina de 786.12 dólares y los costos de MPD que son de 4255.43 dólares semanalmente (produciendo un juego completo de asientos) en un tiempo de 47.48 HH. Optimizando el proceso de producción la compañía tendrá a los mismos 7 operarios, trabajando 8 horas diarias, con un costo de nómina de 328.65 dólares y los costos de MPD que son de 4255.43 dólares semanalmente en un tiempo de 27.63 HH.

3.16.3.1 Productividad de la mano de obra utilizada

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas Hombre trabajadas}}$$

	Método actual	Método propuesto
Productividad laboral	$= \frac{47 \text{ asientos}}{47.48 \text{ HH}}$	$= \frac{47 \text{ asientos}}{27.63 \text{ HH}}$
Productividad laboral	$= 0.98 \frac{\text{asientos}}{\text{HH}}$	$= 1.70 \frac{\text{asientos}}{\text{HH}}$

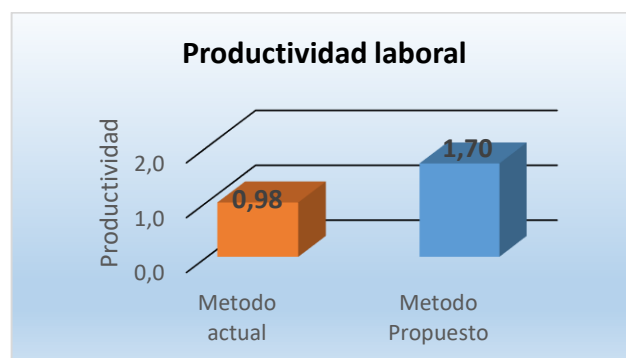


Gráfico 7-3. Análisis de la productividad laboral
Realizado por: Luis Guilcapi

La productividad laboral aumentó de 0.98 asientos por cada hora-hombre, y con la propuesta de optimización de procesos es 1.70 asientos por cada hora-hombre. El cambio es debido a $0.98/1.70 = 0.58$, o un 58% de un incremento en la productividad laboral.

3.16.3.2 Productividad de factores múltiples de producción semanal

$$Productividad = \frac{Salida}{Mano de obra + material + otros}$$

	Método actual	Método propuesto
Productividad de múltiples factores	$= \frac{47 \text{ asientos}}{\$786.12 + \$4255.43}$	$= \frac{47 \text{ asientos}}{\$328.65 + \$4255.43}$
Productividad de múltiples factores	$= 0.0093 \text{ asientos / dólar}$	$= 0.010 \text{ asientos / dólar}$

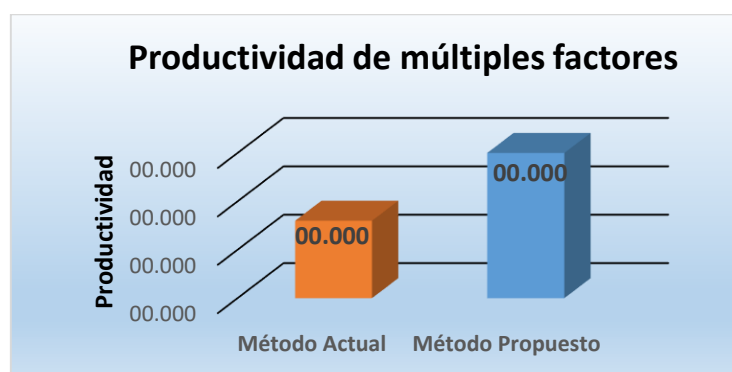


Gráfico 8-3. Análisis de la productividad de múltiples factores semanal
Realizado por: Luis Guilcapi

La productividad de múltiples factores incrementó de 0.0093 asientos por cada dólar invertido, y mediante la propuesta de optimización el valor aumenta ha 0.0100 asientos por cada dólar invertido. Este cambio se debe al $0.0093/0.0100 = 0.93$, que es el 93% de incremento en la productividad de múltiples factores.

3.16.3.3 Productividad de factores múltiples de producción mensual

$$Productividad = \frac{Salida}{Mano de obra + material + otros}$$

	Método actual	Método propuesto
Productividad de múltiples factores	$= \frac{4 \text{ juegos de asientos}}{\$29179.55}$	$= \frac{6 \text{ juegos de sientos}}{\$27349.68}$
Productividad de múltiples factores	$= 0.00014 \text{ juegos/dólar}$	$= 0.00022 \text{ juegos/dólar}$
	$= 155.21 \text{ dolares/asiento}$	$= 97 \text{ dolares/asiento}$

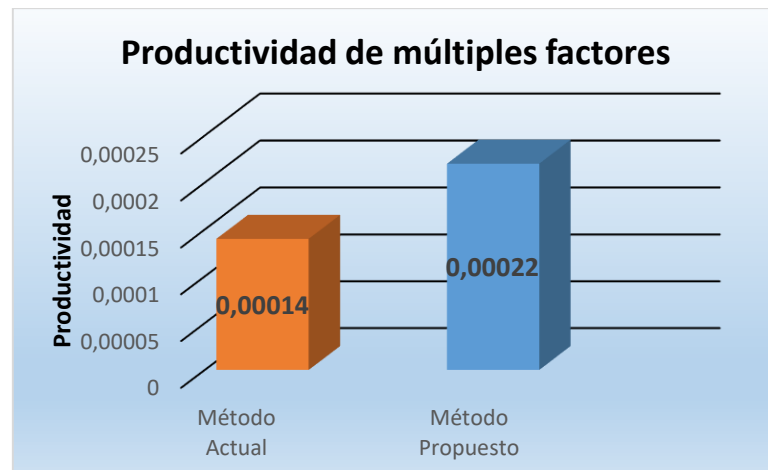


Gráfico 9-3. Análisis de la productividad de múltiples factores mensual
Realizado por: Luis Guilcapi

La productividad de múltiples factores mensualmente incrementó de 0.00014 juegos de asientos por cada dólar invertido, y mediante la propuesta de optimización el valor aumentó a 0.00022 juegos de asientos por cada dólar invertido. El cambio se presenta por $0.00014/0.00022 = 0.63$, lo cual representa un 63% de incremento en la productividad de múltiples factores que a su vez es la rentabilidad que tiene el nuevo proyecto.

3.16.3.4 Eficiencia

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{capacidad disponible}} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad disponible} - \text{Tiempos improductivos}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100$$

	Método actual	Método propuesto
Eficiencia %	$= \frac{332.37-138.94}{332.37} \times 100$	$= \frac{193.43-5.60}{193.43} \times 100$
Eficiencia %	= 58.2%	= 97.1%

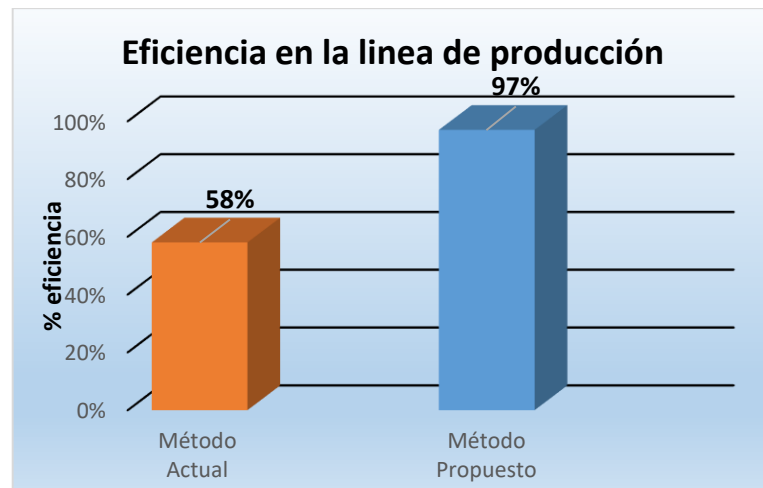


Gráfico 10-3. Análisis de la eficiencia
Realizado por: Luis Guilcapi

La eficiencia en la nueva línea de producción actual es del 58% y mediante la simulación de procesos, esta incrementó a un 97%, la diferencia es de 39% más eficiente la nueva distribución propuesta, gracias a la construcción y verificación del modelo de simulación.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

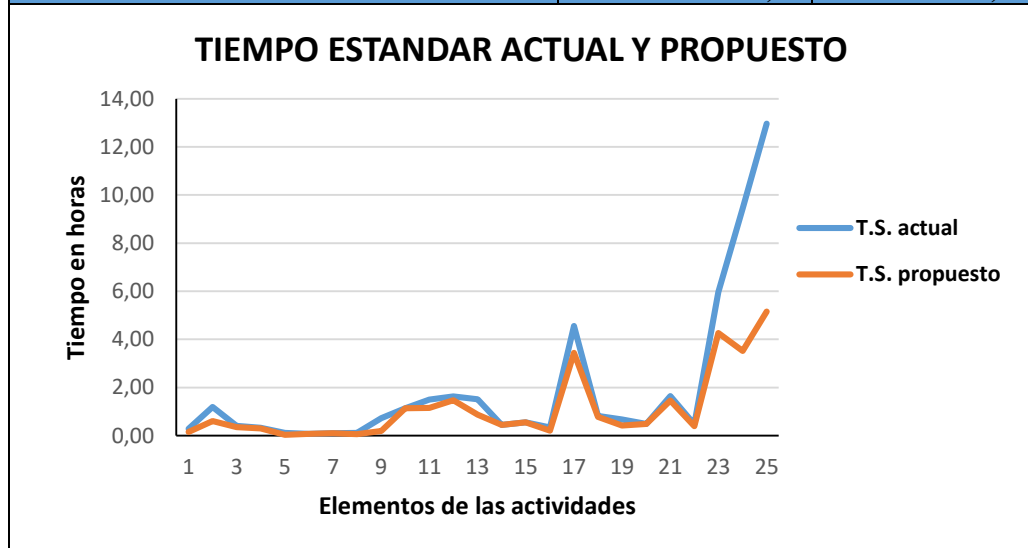
4.1 Conclusiones

- Al analizar el proceso productivo se pudo notar que en la distribución actual existen ciertas falencias como: un alto número cruces en el flujo del proceso, un mal uso del espacio físico de trabajo, máquinas y herramientas en mal estado, altos tiempos muertos, no existe un control de procesos en la línea de producción y la falta de capacitación de los técnicos para realizar la nueva distribución de planta que requiere la compañía. Para lo cual se propone optimizar inmediatamente la actual distribución, tomando en consideración e flujo unidireccional que requiere la compañía para la nueva línea de ensamble.
- Mediante el estudio de tiempos se pudo obtener el tiempo estándar, tanto en el proceso actual como el proceso optimizado en la línea productiva de la sección asientos. Logrando mejorar un 42% de los tiempos productivos y consecutivamente de esta forma se eliminan los tiempos improductivos.

Tabla 1-4. Tiempos de producción en horas para la fabricación de asientos

N°	Elemento de la actividad	T.S. actual	T.S. propuesto
1	Orejas	0,29	0,15
2	Codera Lateral	1,19	0,61
3	Escuadra	0,41	0,36
4	Codera Central	0,33	0,30
5	Tubo Redondo	0,11	0,03
6	Tubo Cuadrado	0,08	0,08
7	Platina Escuadra	0,10	0,10
8	Platina Central	0,11	0,06
9	Refuerzos	0,73	0,19
10	Estructura Base	1,14	1,14
11	Silla del Chofer	1,50	1,16
12	Espaldar	1,63	1,47
13	Pata	1,51	0,87
14	Media Luna	0,45	0,45
15	Pisadera	0,56	0,55
16	Gancho	0,34	0,20
17	Porta Bandeja	4,56	3,45

18	Estructura Móvil	0,82	0,78
19	Ángulo Principal	0,67	0,42
20	Estructura Armada	0,49	0,49
21	Palanca	1,64	1,45
22	Platina Soporte	0,47	0,39
23	Estructura Rematada	5,97	4,27
24	Tapizado	9,43	3,52
25	Estructura Tapizada	12,96	5,15
Total de horas - hombre		47,48	27,63



Realizado por: Luis Guilcapi







- Con el estudio realizado mediante los diagramas de procesos tipo material, se logra claramente mejorar el método de trabajo y reubicar las máquinas, obteniendo menores tiempos de circulación entre puesto de trabajo optimizando espacios y eliminando demoras innecesarias, esto se ve reflejado en las tablas de resultados en el que se observa un proceso más eficaz.

Tabla 7-3 y 17-3. Resumen de los procesos de producción

ACTUAL

RESUMEN FINAL				
Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Distancia(m)
●	244	15745,94	262,43	
➡	129	538,26	8,97	2160,6
●	10	333	5,55	
▼	52			
■	6	87,1	1,45	
■	16	1080,4	18,01	
TOTAL	457	17784,7	296,41	2160,6

PROPUESTA

RESUMEN FINAL				
Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Distancia(m)
	237	9520.31	158.67	
	118	355.68	5.93	1826.6
	0	0	0	
	39			
	6	79.10	1.32	
	16	324.89	5.10	
TOTAL	416	10279.98	171.02	1826.6

- Al analizar el desempeño de los operarios, se determinó que no cumplen con el rendimiento esperado, esto debido a la continua inasistencia y las constantes interrupciones que se producen por no recordar los procedimientos de trabajo establecidos.
- De acuerdo al diagrama de recorrido se determinó que la distribución de los puestos de trabajo es inadecuada permitiendo ver notablemente demasiados cruces en el recorrido de las actividades. La mejora constituye en la organización del área de materia prima y readecuación de los puestos de trabajo mediante un proceso en línea.

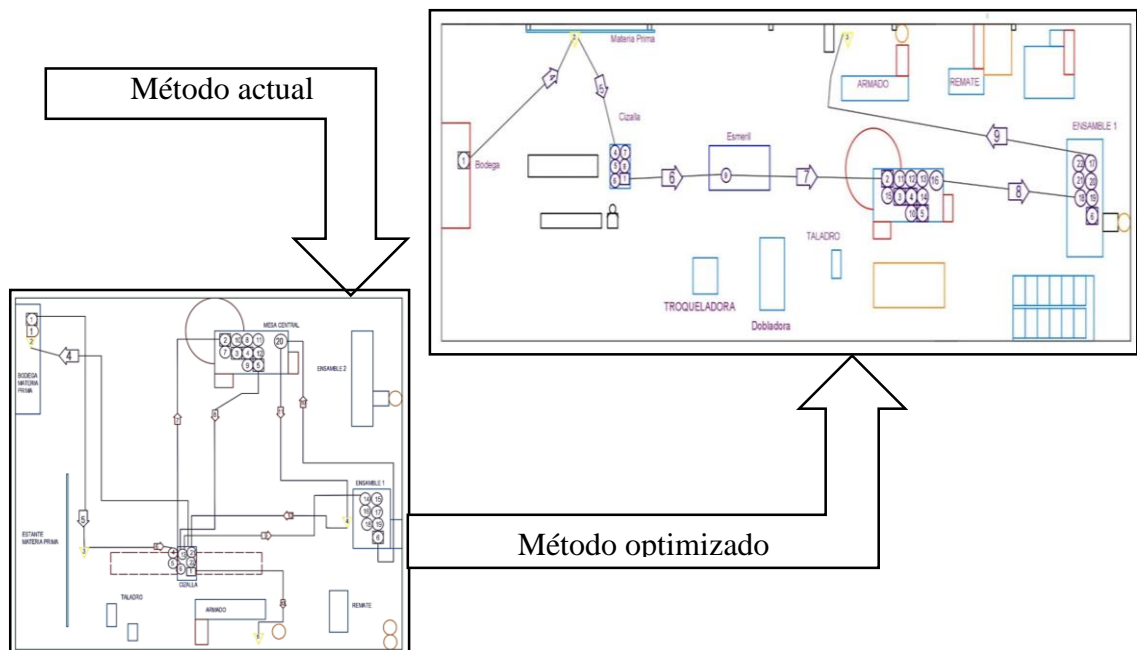
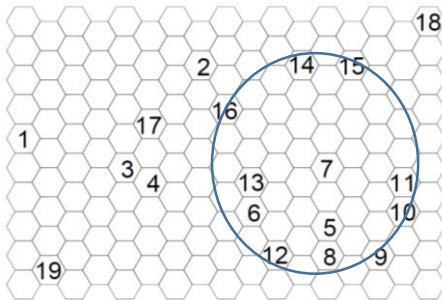


Figura 1-4. Recorrido de la codera lateral en la sección de asientos.
Realizado por: Luis Guilcapi

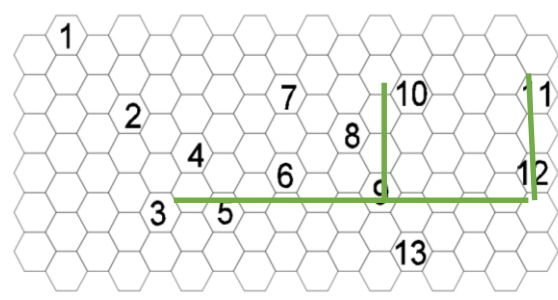
- Con la optimización de procesos aplicada a la nueva distribución, claramente se eliminan el conflicto entre interacciones que existe entre los puestos de trabajo, dando como prioridad al puesto de trabajo más concurrido, para centralizarlo y tener un mejor flujo de actividades en el proceso de ensamble, aumentando de esta forma la productividad.

Figura 11-3 y 24-3. Análisis comparativo de los diagramas de proximidad.

ACTUAL



PROPUESTO



Realizado por: Luis Guilcapi

- Al analizar los resultados que nos otorga el programa de simulación de procesos, se pudo evitar grandes pérdidas que se ha producido anteriormente al reorganizar los puestos de trabajo en forma empírica.

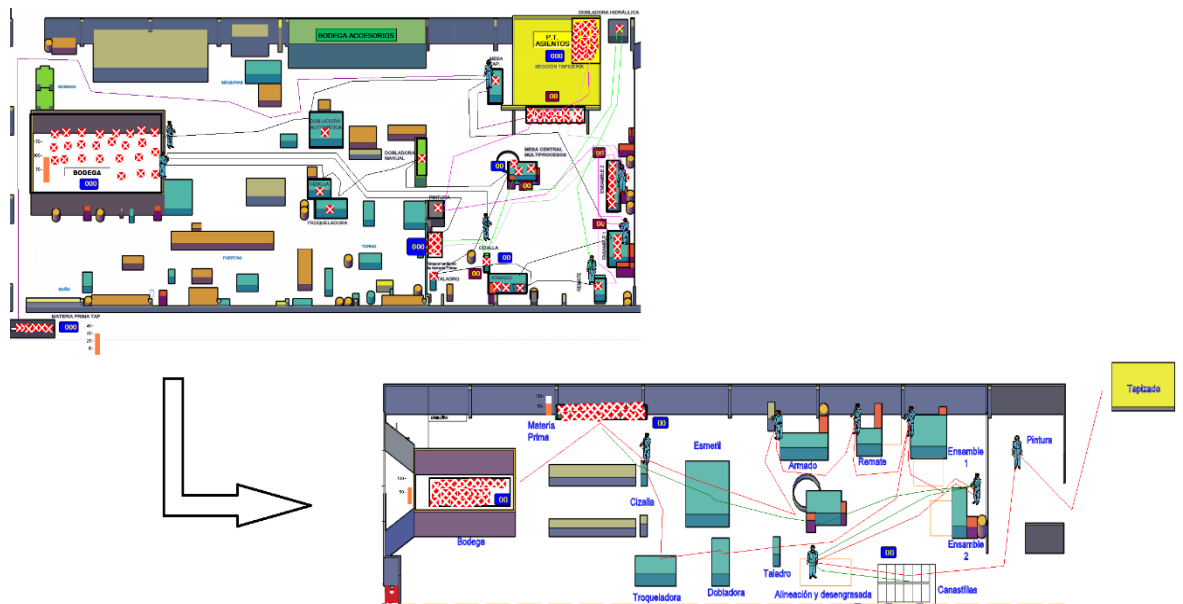


Figura 2-4. Modelo de simulación actual y propuesto

Realizado por: Luis Guilcapi

- La rentabilidad que produce la propuesta de optimización mediante la simulación de procesos es del 58%, dando como resultado un ahorro actual a la compañía de 1829.87 dólares mensuales,
- Mediante el estudio se demuestra que es factible producir 6 juegos completos de asientos mensualmente, con los mismos recursos utilizados, aumentando de esta forma la eficiencia en un 97% para la línea de ensamble con una rentabilidad de 3402.12 dólares mensuales.

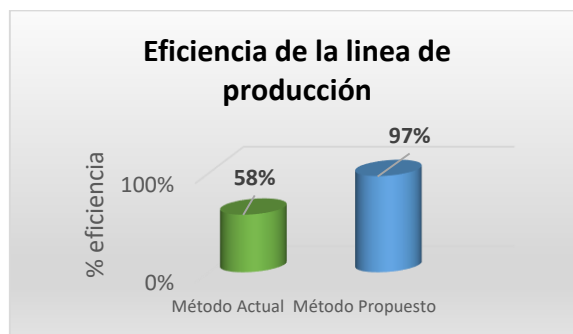


Gráfico 1-4. Análisis de la eficiencia en la línea de producción
Realizado por: Luis Guilcapi

- La variabilidad estadísticamente demostrada bajo funciones de distribución se convierte en una medida de gran importancia para dimensionar adecuadamente una operación como la descrita en el proceso descrito, dicha variabilidad requiere del apoyo funcional de un software complejo como ProModel para llevar a la práctica.
- El modelo que ofrece ProModel permite una mejor apreciación de las interacciones que se presentan entre los diferentes puestos de trabajo que componen el sistema definido, por lo que puede considerarse en este caso concreto como la mejor herramienta para el desarrollo de proceso de simulación de procesos.
- El desarrollo de experimentos sobre los casos presentados, se convierte en el sustento suficiente para dar validez a la relación que debe existir entre las variables componentes del sistema y a pesar de que la lógica tradicional puede señalar comportamientos específicos
- Queda el camino abierto, para que se dé continuidad al presente proyecto con la generación de más casos de toda la línea de producción en la compañía CORPMEGABUSS CIA. LTDA.

4.2 Recomendaciones

- Construir un área cerrada para el área de Pintura, y así evitaremos que los asientos que estén en proceso de pintado no tengan contacto con partículas de polvo, además contribuiría para que esos gases tóxicos se mantengan aislados del medio ambiente.
- Tener en cuenta que los pasillos y las paredes no son áreas de almacenamiento, ya que para ello existe el área materias primas el cual siempre debe estar ordenado para obtener un máximo beneficio de este espacio.
- Se recomienda un análisis integral a los operarios que provocan retrasos en la línea de producción.
- Analizar los puestos de trabajo que no se están ocupando en la compañía, o de cierta forma analizar la frecuencia de uso para así, reubicarlos o darlos de baja con el fin de ese espacio usarlo para reforzar la producción.
- Tomar en cuenta las piezas pequeñas como: media luna, platinas, ganchos, etc., y mediante un análisis técnico, diseñar inmediatamente una matriz para darle un mayor porcentaje de utilidad a la troqueladora.
- Implementar inmediatamente el presente estudio de optimización de procesos a todas las demás secciones que conforman la nueva línea de ensamble para los distintos modelos de carrocerías que se producen.
- Siempre tomar en cuenta que si se hace una redistribución será para aumentar la productividad de la empresa mas no entorpecerla por ende se debe supervisar que se siga adecuadamente lo marcado en las hojas de procesos ya que son una guía clara y concisa para que se adopte rápidamente el nuevo proceso de fabricación.
- Influir en los operarios el uso del reglamento interno de Seguridad y Salud Ocupacional que existe en la compañía.
- Crear proyectos de simulación y análisis de procesos productivos, enfocados en todas las actividades que se realizan para ensamblar las carrocerías completas de los distintos modelos que ofrece la compañía, desde su inicio hasta la entrega del producto terminado.

- Realizar el mantenimiento preventivo en todos los puestos de trabajo, para evitar de esta forma estancamientos innecesarios que afecta a toda la línea de producción, aplicando el método TPM.
- Crear proyectos técnicos enfocados en la calidad del producto terminado y mantener un control de calidad estandarizado en cada sección de la nueva línea de ensamble.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, Camilo Anania. *Manual de tiempos y movimientos ingeniería de métodos*. México: LIMUSA, 2008.

ARRENDONDO, Victor. *Transcripción de Introducción a la simulación de eventos discretos*. Prezi.com. 2013 Disponible en: <https://prezi.com/s1uosqcmBW0e/introduccion-a-la-simulacion-de-eventos-discretos/>

BALTAZAR, Poot. “*Simulación de procesos*”. Scrib [en línea], (2006). [Consulta: 18 julio 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/165799685/Unidad-1>

BURGOS, Carlos. *Guías de laboratorio de diseño y medición del trabajo*. Ambato: Universidad Indoamerica, 2015. [Consulta: 15 noviembre 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/215345620/Guias-de-Laboratorio-Diseno-Medicion-del-Trabajo>

CARGUA LÓPEZ, Rosa Cecilia, & GAVILÁNEZ REINOSO, Dolores Isabel. *Diseño de un sistema de operaciones en métodos y tiempos para mejorar la productividad en las líneas de producción de galleta y caramelo en industrias alimenticias fénix*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial. Riobamba-Ecuador. 2009. [Consulta: 18 julio 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1439/1/85T00147.pdf>

CORTES, Griselda; et al. *La simulación como herramienta en la toma de decisiones en las organizaciones*. México. 2015. [Consulta: 13 marzo 2017] Disponible en: http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011CSC/CISCI_2011/PapersPdf/CA053SO.pdf

C., Karen “*El Diseño Gráfico actual para sus nuevos integrantes*”. Wordpress [en línea], 2014. [Consulta: 9 diciembre 2016]. Disponible en: <https://matchatraccion.wordpress.com/2014/11/29/introduccion-a-los-programas-digitales-en-diseno/>.

DAYAN, Diana. *Costos aplicados monografía grupal*. Academia.edu. Perú, 2015, pp. 11-14. [Consulta: 20 febrero 2017]. Disponible en: http://www.academia.edu/17833398/COSTOS_APLICADOS_MONOGRAFIA_GRUPAL

FROS, L. “*Números aleatorios y pseudoaleatorios*”. blogspot.com [en línea]. 2015. [Consulta: 10 octubre 2016]. Disponible en: <http://simulacion-itstb.blogspot.com/p/unidad-dos-numeros-aleatorios-y.html>

García Duma, Eduardo, et al. *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. 2ª ed. México: Pearson Educación, 2013. [Consulta: 10 enero 2017]. Disponible en: <https://jrvargas.files.wordpress.com/2015/04/libro-simulacion-y-analisis-de-sistemas-2da-edicion.pdf>

GONZÁLES RIVAS, Luis. *Importancia de la productividad.* Wordpress [en línea], 2017. [Consulta: 12 julio 2017]. Disponible en: <https://alfonsogori.wordpress.com/2017/02/06/1-1-importancia-de-la-productividad/>

HEIZER, Jay, & RENDER, Barry. *Principios de administración de operaciones.* 7ª ed. México, Pearson Educación, 2009. [Consulta: 7 noviembre 2016]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/franciscofvazquez9/administracion-de-operaciones-7ma-edicion-jay-heizer-barry-render>

LANDER SIMULATION & TRAINING SOLUTIONS. *Historia de la simulación.* Lander [en línea]. 2016. [Consulta: 10 enero 2017]. Disponible en: <http://www.land simulation.com/formacion-con-simulacion/el-mundo-en-movimiento/historia-de-la-simulacion/>

MEYERS, Fred. E., *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil.* 2ª ed. México: Pearson Educación. 2000

NIEBEL, Benjamin W., & FREIVALDS Andris. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo.* Slideshare [en línea]. 12ª ed. México: McGraw-Hill, 2009. [Consulta: 12 diciembre 2016]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/AlexisSdelVillarLaba/ingeniera-industrial-53353929>

ORDOÑES, Yadira, & UMANZOR, Carlos. *Cronómetro continuo informe original.* Honduras: Universidad Catolica de Honduras, 2013. [Consulta: 10 octubre 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/339084750/Cronometro-Continuo-Informe-Original>

OROZCO, Amy; et al. *Métodos y medición del trabajo II.* Nicaragua: Universidad Centroamericana, 2016. [Consulta: 16 enero 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/324142337/laboratorio-metodos>

PUCUHUANCA Antonio. *Empleo de la estadística en la ingeniería industrial.* Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Scrib [en línea], 2013. [Consulta: 12 diciembre 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/141801930/Uso-de-Estadistica-en-Ing-1-Ind>

VERA Callao, RAYSHA P. *Diagramas de Pert – II | Ingeniería de Métodos.* [en línea], 2014. [Consulta: 12 julio 2017]. Disponible en: <http://ingenieriametodos.blogspot.com/2014/06/diagramas-de-pert-ii.html>

YUNIOR, Andrés. *Mejora del proceso de fabricación de electrodos mediante el desarrollo de un modelo de simulación.* Monografías [en línea], 2014. [Consulta: 22 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos108/proceso-fabricacion-electrodos-por-esteban-xaviers-espinoza-espinoza/proceso-fabricacion-electrodos-por-esteban-xaviers-espinoza-espinoza.shtml>